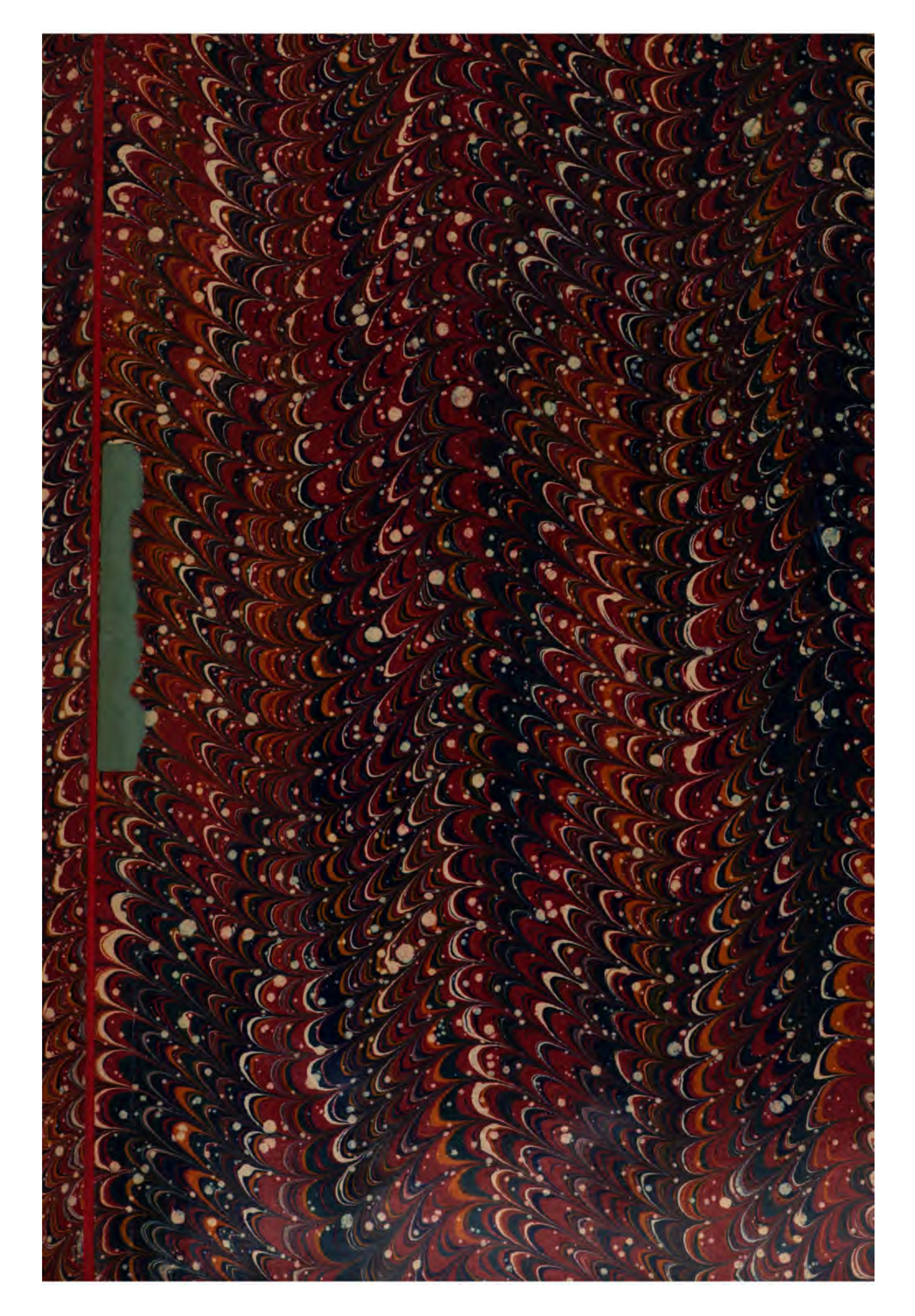



FA 1553.1
TRANSFERRED TO
FINE ARTS LIBRARY
Fech 380.5
D93
VE RI TAS
Harvard College Library
FROM THE BEQUEST OF
CHARLES SUMNER, LL.D.,
OF BOSTON,
(Class of 1830),
"For books relating to Politics and
Fine Arts."
1 March, 1888.



HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Unter Mitwirkung von Fachgenoffen

herausgegeben von

Oberbaurath Profeffor **Jofef Durm**

in Karlsruhe,

Baurath Profeffor **Hermann Ende**

in Berlin,

und

Profeffor Dr. **Eduard Schmitt**

in Darmftadt

Profeffor **Heinrich Wagner**

in Darmftadt.

Dritter Theil:

DIE HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.

1. Band:

Conftructions-Elemente

in

Stein, Holz und Eifen.

Fundamente.

J. PH. DIEHL'S VERLAG IN DARMSTADT.

ARNOLD BERGSTRÄSSER.

1886.

DIE
HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.
DES
HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR
DRITTER THEIL.

---

1. Band:

Conftructions-Elemente in Stein.

Von **Erwin Marx,**
Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Darmftadt.

Conftructions-Elemente in Holz.

Von Dr. **Friedrich Heinzerling,**
Königl. Baurath und Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Aachen.

Conftructions-Elemente in Eifen.

Von **G. Barkhaufen,**
Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Hannover.

Fundamente.

Von Dr. **Eduard Schmitt,**
Profeffor an der technifchen Hochfchule zu Darmftadt.

Mit 747 in den Text eingedruckten Abbildungen, fo wie 1 in den Text eingehefteten Tafel.

C'
DARMSTADT 1886.
J. PH. DIEHL'S VERLAG.
ARNOLD BERGSTRÄSSER.

Zink-Hochätzungen aus der photo-chemigr.-art. Anſtalt von C. ANGERER & GÖSCHL in Wien.
Die lithographirte Tafel aus der lithogr.-art. Anſtalt von FERDINAND WIRTZ in Darmſtadt.
Druck von GEBRÜDER KRÖNER in Stuttgart.

Vom

Handbuch der Architektur

ist bis jetzt erschienen:

I. Theil. **Allgemeine Hochbaukunde.**

1. Band, erste Hälfte: Einleitung. (Theoretische und historische Ueberficht.) Von Director Dr. *A. Essenwein* in Nürnberg. — Die Technik der wichtigeren Baustoffe. Von Hofrath Professor Dr. *W. F. Exner* in Wien, Professor *H. Hauenschild* in Aarau und Adjunct *G. Lauböck* in Wien. (Preis: 8 Mark.)

1. Band, zweite Hälfte: Die Statik der Hochbau-Constructionen. Von Professor *Th. Landsberg* in Darmstadt. (Preis: 10 Mark.)

II. Theil. **Historische und technische Entwickelung der Baustile.**

1. Band: Die Baukunst der Griechen. Von Oberbaurath Professor *J. Durm* in Karlsruhe. (Preis: 16 Mark.)

2. Band: Die Baukunst der Etrusker und der Römer. Von Oberbaurath Professor *J. Durm* in Karlsruhe. (Preis: 20 Mark.)

III. Theil. **Hochbau-Constructionen.**

1. Band: Constructions-Elemente in Stein, Holz und Eisen. Von Professor *G. Barkhausen* in Hannover, Baurath Professor Dr. *F. Heinzerling* in Aachen und Professor *E. Marx* in Darmstadt. — Fundamente. Von Professor Dr. *E. Schmitt* in Darmstadt. (Preis: 15 Mark.)

4. Band: Künstliche Beleuchtung der Räume. Von Professor *Hermann Fischer* in Hannover. — Heizung und Lüftung der Räume. Von Professor *Hermann Fischer* in Hannover. — Wasserversorgung der Gebäude. Von Baurath *B. Salbach* in Dresden. (Preis: 16 Mark.)

5. Band: Koch-, Spül-, Wasch- und Bade-Einrichtungen. Von Civilingenieur *Damcke* in Berlin, Professor *Marx* in Darmstadt und Professor Dr. *Schmitt* in Darmstadt. — Entwässerung und Reinigung der Gebäude; Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers; Aborte und Pissoirs; Entfernung der Fäcalstoffe aus den Gebäuden. Von Baumeister *Knauff* in Berlin, Baurath *Salbach* in Dresden und Professor Dr. *Schmitt* in Darmstadt. (Preis: 18 Mark.)

6. Band: Sicherungen gegen Einbruch. Von Professor *E. Marx* in Darmstadt. — Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik. Von Baurath *A. Orth* in Berlin. — Glockenstühle. Von Geh. Finanzrath *Köpcke* in Dresden. — Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen. Von Bauinspector *E. Spillner* in Aachen. — Terrassen und Perrons, Freitreppen und Rampen-Anlagen, Vordächer. Von Professor *F. Ewerbeck* in Aachen. — Stützmauern, Behandlung der Trottoire und Hofflächen, Eisbehälter. Von Bauinspector *E. Spillner* in Aachen. (Preis: 10 Mark.)

IV. Theil. Entwerfen, Anlage und Einrichtung der Gebäude.

1. Halbband: **Die architektonifche Compofition:**

Allgemeine Grundzüge. Von Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Die Proportionen in der Architektur. Von Profeffor *A. Thierfch* in München. — Die Anlage des Gebäudes. Von Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Die Geftaltung der äufseren und inneren Architektur. Von Profeffor *J. Bühlmann* in München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Profeffor *L. Bohnftedt* in Gotha und Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. (Preis: 16 Mark.)

3. Halbband: **Gebäude für landwirthfchaftliche und Approvifionirungs-Zwecke:**

Landwirthfchaftliche Gebäude und verwandte Anlagen (Ställe für Arbeits-, Zucht- und Luxuspferde, Wagen-Remifen; Geftüte und Marftall-Gebäude; Rindvieh-, Schaf-, Schweine- und Federviehftälle; Feimen, offene Getreidefchuppen und Scheunen; Magazine, Vorraths- und Handelsfpeicher für Getreide; gröfsere landwirthfchaftliche Complexe). Von Baurath *F. Engel* in Berlin und Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt.

Gebäude für Approvifionirungs-Zwecke (Schlachthöfe und Viehmärkte; Markthallen und Marktplätze; Brauereien, Mälzereien und Brennereien). Von Profeffor *A. Geul* in München, Stadt-Baurath *G. Ofthoff* in Plauen i. V. und Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt. (Preis: 23 Mark.)

4. Halbband: **Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke:**

Schank- und Speife-Locale, Kaffeehäufer und Reftaurants. Von Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Volksküchen und Speife-Anftalten für Arbeiter; Volks-Kaffeehäufer. Von Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt.

Oeffentliche Vergnügungs-Locale. Von Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. — Fefthallen. Von Oberbaurath Profeffor *J. Durm* in Karlsruhe.

Hotels. Von Architekt *H. von der Hude* in Berlin. — Gafthöfe niederen Ranges, Schlafhäufer und Herbergen. Von Profeffor Dr. *E. Schmitt* in Darmftadt.

Baulichkeiten für Cur- und Badeorte (Cur- und Converfationshäufer; Trinkhallen, Wandelbahnen und Colonnaden). Von Architekt † *J. Mylius* in Frankfurt a. M. und Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

Gebäude für Gefellfchaften und Vereine (Gebäude für gefellige Vereine, Clubhäufer und Freimaurer-Logen; Gebäude für gewerbliche und fonftige gemeinnützigen Vereine; Gebäude für gelehrte Gefellfchaften, wiffenfchaftliche und Kunftvereine). Von Profeffor Dr. *E. Schmitt* und Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

Baulichkeiten für den Sport (Reit- und Rennbahnen; Schiefsftätten und Schützenhäufer; Kegelbahnen; Eis- und Rollfchlittfchuhbahnen etc.). Von Architekt *J. Lieblein* in Frankfurt a. M., Profeffor *R. Reinhardt* in Stuttgart und Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt.

Sonftige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung (Panoramen; Orchefter-Pavillons; Stibadien und Exedren, Pergolen und Veranden; Gartenhäufer, Kioske und Pavillons). Von Oberbaurath Profeffor *Durm* in Karlsruhe, Architekt *J. Lieblein* in Frankfurt a. M. und Profeffor *H. Wagner* in Darmftadt. (Preis: 23 Mark.)

J. Ph. Diehl's Verlag in Darmftadt.

ARNOLD BERGSTRÄSSER.

Handbuch der Architektur.

III. Theil.

Hochbau-Conftructionen.

1. Band.

INHALTS-VERZEICHNISS.

2. Abfchnitt:

Conftructions-Elemente in Holz.

3. Abfchnitt:

Conftructions-Elemente in Eifen.

Zweite Abtheilung:

Fundamente.

1. Abfchnitt:

Fundament und Baugrund.

2. Abfchnitt:

Aufgebaute Fundamente.

Tafel bei S. 310:

Gründung der neuen *Morgue* in Paris. (Südliche Hälfte.)

Handbuch der Architektur.

III. Theil.

Hochbau-Conftructionen.

. . . *architecture is nothing more or lefs than the art of* ***ornamental and ornamented conftruction.***

FERGUSSON, J. *A hiftory of architecture in all countries.* London 1865. Band 1, S. 9.

. . . Dahingegen beruhet die Kenntnifs deffen, was dazu gehöret, um die Gebäude **dauerhaft** aufzuführen, auf Grundfätzen der Statik, verbunden mit vielen Erfahrungen. Nach felbigen mufs der Baumeifter die verlangte Einrichtung der Gebäude zu entwerfen und die Dauerhaftigkeit damit zu verbinden wiffen. Nach diefen Grundfätzen wird beftimmt, was ohne Gefahr möglich ift, oder was nicht erfüllt werden kann, ohne der Haupteigenfchaft des Gebäudes, nämlich der **Dauerhaftigkeit** zu nahe zu treten.

GILLY, D. Handbuch der Land-Bau-Kunft etc. Erfter Theil. Berlin 1797. S. 1.

In den beiden vorhergehenden Theilen unferes »Handbuches der Architektur« wurden in erfter Reihe die Stoffe, aus denen unfere Bauwerke hergeftellt werden, vorgeführt, alsdann die ftatifchen Bedingungen und Grundfätze, denen das ganze Bauwerk fo wie feine einzelnen Theile unterworfen find, erläutert; endlich haben die Kunftformen, welche der Bauftoff unter Berückfichtigung feiner fpecififchen Eigenfchaften und feiner Stabilitätsbedingungen in den einzelnen Bautheilen, fo wie in den Profan- und Monumentalbauten während der bedeutenderen, uns bekannten Cultur-Epochen erhalten hat, eine eingehende Behandlung erfahren. Nunmehr gelangen wir dazu, die einzelnen Theile eines Bauwerkes an und für fich, fo wie auch in ihrer Zufammenfügung zum Bauwerke felbft vom conftructiven Standpunkte aus zu betrachten.

Damit ein Bautheil dem beabfichtigten Zwecke in thunlichft vollkommener Weife entfpreche, mufs er eine beftimmte Geftalt und eine beftimmte Einrichtung erhalten. Damit das ganze Bauwerk diejenigen Bedingungen erfülle, denen es fein Entftehen verdankt, damit deffen Benutzung in möglichft weit gehender, einfacher und bequemer Weife gefchehen könne, müffen die einzelnen Bautheile in rationeller und zweckmäfsiger Weife an einander gefügt werden. Den Haupttheil diefer Aufgaben hat die **richtige Conftruction** zu erfüllen, und das wefentlichfte Ziel des III. Theiles unferes »Handbuches« ift hiermit gekennzeichnet.

Bereits in der allgemeinen Einleitung zum vorliegenden Werke[1]) wurde die Stellung und Bedeutung der Conftructionslehre im Gefammtgebiete der Architektur charakterifirt; auch wurde an jener Stelle die Loslöfung des Ingenieurwefens vom Hochbauwefen erklärt und gedeutet. Gerade auf dem Gebiete der Conftruction find die Berührungspunkte zwifchen Architekt und Ingenieur die innigften und zahlreichften. Grofse Decken-, Dach- und Hallen-Conftructionen werden bald vom Architekten, bald vom Ingenieur entworfen, und bei noch manchen anderen Projecten und Ausführungen des Hochbauwefens wird die Mitwirkung des Ingenieurs angeftrebt. Diefer Zufammenhang des gefammten baulichen Schaffens hat auch im »Handbuch der Architektur« durch die Vereinigung dreier Architekten mit einem Ingenieur als Herausgebern Ausdruck erfahren.

Bei der Gruppirung des in der Conftructionslehre zu bewältigenden Stoffes mufften wir wefentlich neue, von den feither üblichen abweichende Bahnen einfchlagen. Wir ftimmen allerdings mit Anderen darin überein, »dafs der gefammte Stoff eine ftreng

---

[1]) Siehe: Theil I, Band 1, S. 10 u. 11.

fyftematifche Behandlung erfordere«; allein wir vermögen in der obfoleten Trennung der verfchiedenen Conftructionen nach dem Material (Stein, Holz und Eifen) eine folche fyftematifche Behandlung nicht zu erblicken. Es will uns nicht als organifcher Aufbau der vorliegenden, grofsen Materie erfcheinen, wenn fo wichtige Bautheile, wie Wände, Decken, Dächer, Fenfter, Thüren, Treppen etc., welche doch immer einem beftimmten und gleich bleibenden Zwecke zu dienen haben, an zwei, drei und noch mehreren, von einander ganz getrennten Stellen eines Buches befprochen werden, und zwar nur defshalb, weil der Bauftoff in dem einen Falle ein anderer ift, wie im zweiten — ganz abgefehen davon, dafs gewiffe Themata (wie z. B. die Fundamente etc.) fich nur ganz künftlich in ein folches Syftem einzwängen laffen — oder, weil dies ungeachtet alles Zwängens nicht ftatthaft ift, gewiffe Conftructionen in einen befonderen Abfchnitt, der aufserhalb des Rahmens jenes Syftemes liegt, verfchoben werden müffen.

In gleicher Weife konnten wir uns auch nicht zu der gleichfalls hie und da beliebten Gruppirung der Hochbau-Conftructionen nach den verfchiedenen Gewerken entfchliefsen. Selbft wenn wir keinen Werth darauf legen wollten, dafs in den verfchiedenen Ländern die Trennung der einzelnen Baugewerke von einander eine keineswegs gleiche ift, fo dünkt uns auch diefes »Syftem« als ein wenig glückliches; denn es führt eben fo zu unorganifchen Zerftückelungen eng verwandter Materien, wie das erftgedachte. Weil die »Treppe« in dem einen Gebäude vom Zimmermann, in dem anderen vom Steinhauer und Maurer, in einem dritten vom Schloffer oder gar von einer Mafchinenbauanftalt ausgeführt wird, wird die Befprechung diefes Gebäudetheiles, der in feinem charakteriftifchen Wefen immer derfelbe ift, vollftändig zerriffen und an drei oder gar vier Stellen des Buches vertheilt. —

Abweichend von dem feitherigen Verfahren, glaubten wir als den bei der Gruppirung des Stoffes mafsgebenden Factor »die Conftruction als folche« erachten zu follen. Defshalb beginnen wir mit der Betrachtung der einfachften Conftructionen, welche bei den verfchiedenartigen fteinernen, hölzernen und eifernen Gebäudetheilen vorzukommen pflegen; wir fchaffen damit eine Grundlage für die complicirteren Anlagen und vermeiden dadurch Wiederholungen. Hierauf folgt, als gleichfalls allgemeiner Natur und bei keinem Bauwerk fehlend, die Befchreibung der Fundamente, der fich alsdann die Befprechung jener Conftructionen anfchliefst, welche die durch Errichtung des Gebäudes zu fchaffenden Räume nach der Seite, nach oben, bezw. unten begrenzen oder umfchliefsen. Indefs find die fo gefchaffenen Räume nur in den allerfeltenften Fällen benutzbar; damit diefelben dem beabfichtigten Zwecke dienen können, müffen den raumbegrenzenden Conftructionen oder dem fog. Rohbau Anlagen und Einrichtungen hinzugefügt werden, die man in der Regel als inneren Ausbau bezeichnet. Aeufserft mannigfaltig find die demfelben angehörigen Conftructionen, je nach der Beftimmung des Gebäudes, je nach den Anfprüchen an Bequemlichkeit, Salubrität und Zierlichkeit.

Mit diefer Abtheilung fchliefst die Reihe jener Conftructionen, die faft bei jedem Gebäude vorkommen, und es erübrigt noch die Betrachtung jener Anlagen, die nur gewiffen Bauwerken eigenthümlich find, die bald zur Raumumfchliefsung dienen, bald einen Theil des inneren Ausbaues bilden. So ergab fich die Scheidung der Lehre von den »Hochbau-Conftructionen« in die fünf Abtheilungen:

Conftructions-Elemente.
Fundamente.
Raumbegrenzende Conftructionen.
Conftructionen des inneren Ausbaues.
Verfchiedene bauliche Anlagen.

Die Bauformenlehre erfcheint als eine fo umfaffende und dabei fo wichtige Lehre, dafs fie, wie auch von Anderen angenommen wird, nicht nebenbei behandelt werden darf. Es ift defshalb die Lehre von den Bauformen von der Lehre von den Bau-

Conſtructionen getrennt, erſtere indeſs vorausgeſchickt worden. Deſſen ungeachtet erſchien es unthunlich, die formale Geſtaltung der einzelnen Bautheile und Bauglieder aus der Bau-Conſtructionslehre ganz fortzulaſſen. Ueben doch Bauſtoff und Conſtruction einen ſo weſentlichen Einfluſs auf die Art und Behandlung der Kunſtform eines Bauobjectes und ſeiner einzelnen Glieder aus; haben ſich doch gerade aus jenen beiden Elementen ſo charakteriſtiſche Formenbehandlungen entwickelt, daſs es geradezu als eine Lücke empfunden werden müſſte, wenn an den betreffenden Stellen dieſes »Handbuches« der ſtructiven Geſtaltung nicht auch einige kennzeichnenden Worte über formale Ausbildung beigefügt würden.

Den gedachten fünf Abtheilungen der Lehre von den Hochbau-Conſtructionen, welche 6 Bände umfaſſen wird, ſoll ſich noch ein Anhang anſchlieſsen, worin die Bauführung behandelt werden wird. In einem das Geſammtgebiet der Architektur umfaſſenden Werke darf dieſer Gegenſtand nicht fehlen. Wir haben dem betreffenden Schluſsbande auch die Betrachtung der bei der Ausführung von Hochbauten erforderlichen maſchinellen Anlagen einverleibt, und wir möchten an dieſer Stelle ein für allemal in Betreff ſolcher mechaniſchen Einrichtungen auf den fraglichen Anhang verwieſen haben.

Literatur.

Geſammtwerke über »Hochbau-Conſtructionen«.

GILLY, D. Handbuch der Land-Bau-Kunſt etc. 1. u. 2. Band. Braunſchweig 1797—98. (6. Aufl. von F. TRIEST 1831—36.) — 3. Band (in 2 Abth.) von D. G. FRIDERICI. Leipzig u. Halle 1811. (Neue Ausgabe 1836.)

RONDELET, J. *Traité théorétique et pratique de l'art de bâtir.* Paris 1802—17. (11. Aufl. 1854.) — Deutſch von C. H. DISTELBARTH u. J. HESS. Leipzig und Darmſtadt 1833—36.

BORGNIS, J. A. *Traité élémentaire de conſtruction appliqué à l'architecture civile.* Paris 1823.

BRUYÈRE, L. *Études relatives à l'art des conſtructions.* Paris 1822—29.

DOULIOT, J. P. *Cours élémentaire, théorétique et pratique de conſtruction.* Paris 1826—28. (2. Aufl. von CLAUDEL. 1862.)

WEISS V. SCHLEUSSENBURG, F. Lehrbuch der Baukunſt etc. Wien 1830. (Neue Aufl. 1861.)

BREYMANN, G. A. Allgemeine Bau-Conſtructions-Lehre, mit beſonderer Beziehung auf das Hoch-Bauweſen. Stuttgart.
1. Theil: Conſtructionen in Stein. 1849. (5. Aufl. von H. LANG. 1880.)
2. Theil: Conſtructionen in Holz. 1851. (5. Aufl. von H. LANG. 1884.)
3. Theil: Conſtructionen in Metall (Eiſen-Conſtructionen). 1854. (4. Aufl. von H. LANG. 1877.)
4. Theil: Schluſs des Werkes. Fortgeſetzt und beendet von H. LANG. 1863. (2. Aufl.: Verſchiedene Conſtructionen. Von A. SCHOLZ. 1881.)

LINKE, G. Vorträge über Bauconſtructionslehre am Kgl. Gewerbe-Inſtitute und an der Kgl. allgemeinen Bauſchule. Berlin 1850.

RINGHOFFER, E. Lehre vom Hochbau. Brünn 1862. (2. Aufl. 1878.)

SCHEFFERS, A. Handbuch des bürgerlichen und ländlichen Hochbauweſens. Mit beſonderer Berückſichtigung der Bau-Conſtructionslehre. Leipzig 1865.

ASHPITEL, A. *Treatiſe on architecture; including the arts of conſtruction, building, ſtone-maſonry, arch, carpentry, roof, joinery, carpentry, and ſtrength of materials.* Edinburg 1867.

RAMÉE, D. *L'architecture et la conſtruction pratiques etc.* Paris 1868. — Deutſch von E. O. TAFEL. Stuttgart 1870.

MIGNARD, B. R. *Le guide des conſtructeurs ou traité complet des connaiſſances théorétiques et pratiques relatives aux conſtructions.* Paris 1870. (5. Aufl. von BUISSET et DENFER. 1880.)

TARN, E. W. *The ſcience of building etc.* London 1870. (2. Aufl. 1884.)

DAVIDSON, E. A. *The elements of building conſtruction and architectural drawing.* London 1869.

UHLAND's techniſche Bibliothek. 8. Bd.: Die Bauconſtructionslehre. Von O. HUCK. Leipzig 1870.

WANDERLEY, G. Handbuch der Bau-Conſtructionslehre. 2 Bände. Halle 1872—73. (2. Aufl. in 3 Bänden: 1877—78.)

BURN, R. S. *Building conſtruction.* London 1873—76.
VOS, N. DE. *Cours de conſtruction donné de 1864 à 1874 à la ſection du génie de l'école d'application de Belgique.* Paris 1880.
SCHMIDT, O. Handbuch, enthaltend einen Abriſs des Hochbaues mit beſonderer Berückſichtigung der Feuerungs-Anlagen. Leipzig. 1880.
GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbau-Conſtructionen. Berlin. Erſcheint ſeit 1880.
LANGE, W. Katechismus der Baukonſtruktionslehre. Leipzig 1881.
MICHEL, J. Theoretiſch-praktiſches Compendium des Hochbaues. Wien 1881.
GUGITZ, G. Neue und neuèſte Wiener Bauconſtructionen aus dem Gebiete der Maurer-, Steinmetz-, Zimmermanns-, Tiſchler-, Schloſſer-, Spengler- u. ſ. w. Arbeiten. Wien 1881.
ENGEL, F. Die Bauausführung. Berlin 1881. (2. Ausg. 1885.)
REDTENBACHER, R. Die Architektonik der modernen Baukunſt. Berlin 1883.

Grundſätze für die Conſtruction.

Jedes Bauwerk, ſo wie jeder Beſtandtheil deſſelben müſſen, wenn ſie richtig conſtruirt ſein ſollen, gewiſſen Grundſätzen entſprechen, welche ſich in folgenden Punkten zuſammenfaſſen laſſen.

1.

1. Zweckmäſsigkeit.

Die Conſtruction muſs dem beabſichtigten Zwecke in thunlichſt vollkommener Weiſe entſprechen.

Zu einer zweckmäſsigen Conſtruction gehört vor Allem, daſs der betreffende Bautheil, bezw. das Bauwerk die ſeiner Beſtimmung angemeſſenen Dimenſionen habe, ſo wie daſs ſeine Benutzung in möglichſt vollkommener, dabei aber auch in genügend einfacher und bequemer Weiſe geſchehen könne.

Damit ein Bautheil zweckmäſsig conſtruirt ſei, iſt aber auch erforderlich, daſs er ſich genügend leicht und einfach herſtellen laſſe.

2.

2. Feſtigkeit.

Die Conſtruction muſs genügend feſt ſein, d. h. die einzelnen Theile eines Bauwerkes an und für ſich, ſo wie auch in ihrer Zuſammenfügung zu einem Ganzen müſſen für die gröſsten vorkommenden Beanſpruchungen die erforderliche Sicherheit gegen Einſtürzen aufweiſen.

Damit ein Bauwerk die gewünſchte Stabilität beſitze, muſs es allen ſtatiſchen Anforderungen Genüge leiſten, dabei aber einen möglichſt geringen Materialaufwand erheiſchen. Bei den ſtatiſchen Ermittelungen werden in erſter Reihe die verticalen Belaſtungen in Rechnung zu ziehen ſein; doch ſind auch ſeitliche Beanſpruchungen, durch Erddruck etc., insbeſondere aber durch Wind in geeigneter Weiſe in Rechnung zu ziehen.

Hat das Bauwerk nicht bloſs ruhende, ſondern auch bewegte Laſten aufzunehmen, ſo kommt noch die weitere Bedingung hinzu, daſs beim Einwirken ſolcher Kräfte das Bauwerk thunlichſt geringe Schwankungen zeige.

Iſt ein Bauwerk im oder am Waſſer zu errichten, ſo muſs die Bedingung der genügenden Feſtigkeit auch in dem Sinne erfüllt ſein, daſs dem nachtheiligen Einfluſs des Waſſers, insbeſondere des flieſsenden und des wellenſchlagenden, von vornherein begegnet ſei.

3.

Die Conftruction des Bauwerkes, bezw. feiner einzelnen Theile mufs fo gewählt fein, dafs eine genügende Dauer derfelben gefichert ift.

3. Dauerhaftigkeit.

Die Anfprüche in Bezug auf Dauerhaftigkeit find fehr verfchieden. Sie find am geringften bei Bauten für vorübergehende Zwecke (Eintagsbauten), am gröfsten dagegen bei Objecten, denen ein monumentaler Charakter zu verleihen ift.

Hiernach wird in erfter Reihe der Bauftoff zu wählen fein; hiernach find aber auch jene Vorkehrungen zu treffen und einzurichten, die einerfeits zum dauernden Schutze gegen den Einflufs der Atmofphärilien, des Waffers etc. nothwendig find, andererfeits diejenigen, welche der durch die Benutzung des Gebäudes bedingten allmählichen Zerftörung entfprechenden Widerftand entgegenfetzen.

4.

Die Conftruction mufs den Anforderungen in Bezug auf die Gefundheit der Menfchen und Thiere, die darin wohnen oder aus anderweitigem Grunde einen längeren oder kürzeren Aufenthalt darin nehmen, entfprechen.

4. Sanitäre Anforderungen.

Wichtig und zugleich äufserft mannigfaltig find die fanitären oder hygienifchen Anfprüche, die an viele unferer Hochbauten geftellt werden; mit Recht wird der fogenannten Gefundheitstechnik oder Bauhygiene in neuerer Zeit erhöhte Aufmerkfamkeit zugewendet. England, zum Theile auch Nordamerika, find uns Deutfchen hierin vorangegangen, und felbft heute noch ftehen manche gefundheitstechnifche Anlagen jener beiden Länder unübertroffen da.

Wenn auch bei keinem Theile eines Bauwerkes die fanitären Bedingungen aufser Acht gelaffen werden follen, fo giebt es doch unter den im Folgenden vorzuführenden Conftructionen eine befondere Gruppe, die in eminentefter Weife zu den fog. gefundheitstechnifchen Anlagen gehören; es find dies die »Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer« (fiehe Band 4), fo wie die »Entwäfferungs- und Reinigungs-Anlagen« (fiehe Band 5).

5.

Die Conftruction mufs die Anforderungen der Feuerficherheit in ausreichender Weife berückfichtigen.

5. Feuerficherheit.

Diefe Anforderungen find am weit gehendften bei folchen Gebäuden, die von aufsen, in Folge ihrer Umgebung etc., der Feuersgefahr leicht ausgefetzt find; ferner bei folchen, in denen grofse Mengen feuergefährlicher Stoffe aufbewahrt und verarbeitet oder feuergefährliche Manipulationen etc. vorgenommen werden; endlich bei denjenigen, die zur Aufftellung und Aufbewahrung befonders koftbarer und werthvoller Objecte dienen [2]).

6.

Die Conftruction mufs den Anfprüchen in Bezug auf formale Durchbildung des betreffenden Bautheiles in ausreichender Weife Rechnung tragen.

6. Aefthetifche Anforderungen.

Auch hierin find die Anforderungen fehr mannigfaltig. Sie find am geringften bei einfachen Nützlichkeitsbauten, bei denen die reine Conftructions- oder Nutzform zur Anfchauung gebracht wird. Die weit gehendfte Rückficht dagegen wird auf die

[2]) Siehe auch das Kapitel über »Sicherung gegen Feuer« im Schlufsbande (6) diefes Theiles.

architektonifche Formgebung zu nehmen fein bei Bauwerken, die rein ideellen Zwecken zu dienen haben, bei monumentalen Gebäuden und Denkmälern.

Gerade der hier in Rede ftehende Grundfatz mufste beftimmend fein, dafs, wie fchon in den einleitenden Vorbemerkungen (S. 2) gefagt worden ift, bei der Befprechung der »Hochbau-Conftructionen« die formale Geftaltung nicht ganz unberückfichtigt bleiben konnte.

7.

7. Oekonomie.

Die Conftruction foll eine ökonomifche, die Herftellungs- und Unterhaltungskoften des betreffenden Bautheiles, bezw. Bauwerkes follen thunlichft geringe fein.

Zweck und Dauer des Objectes einerfeits, die verfügbaren Geldmittel andererfeits werden in diefer Beziehung ausfchlaggebend fein.

DIE HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.

ERSTE ABTHEILUNG.

CONSTRUCTIONS-ELEMENTE.

1. Abfchnitt.

Conftructions-Elemente in Stein.

Von ERWIN MARX.

1. Kapitel.

Stein-Conftructionen im Allgemeinen.

8.
Verfchiedenheit nach dem Material.

Die Hauptmaffe der meiften Bauwerke befteht aus Steinen oder fteinähnlichen Stoffen. Es gehören diefe daher zu den allerwichtigften Baumaterialien, und es werden diefelben überall da verwendet, wo es fich um Herftellung von möglichft dauerhaften, allen äufseren Einflüffen am längften Widerftand leiften follenden Bauten handelt. Von den Bauwerken der alten Völker find uns faft nur aus Stein conftruirte erhalten geblieben; in keinem anderen Material läfft fich ein fo hoher Grad von Monumentalität erzielen; die meiften Architektur-Syfteme beruhen auf der Verwendung von Stein oder fteinähnlichen Maffen.

Die Natur bietet nicht überall Felsarten, aus denen Bauftsteine gewonnen werden können; man war daher von den früheften Zeiten an in vielen Gegenden darauf angewiefen, aus anderen, dem Mineralreich entnommenen Stoffen auf künftlichem Wege fteinähnliche Maffen zu erzeugen.

Es kann dies auf zweierlei Weife gefchehen, entweder indem man geeignete Erden oder andere lofe Maffen zu regelmäfsigen Stücken formt, diefe auf irgend eine Weife feftigt und fie dann wie natürliche Steine zu Bautheilen zufammenfetzt, oder indem man diefelben Stoffe unmittelbar zur Herftellung gröfserer Baukörper durch Giefsen oder Stampfen verwendet. Es mag fogar diefe künftliche Erzeugung von fteinähnlichen Maffen dem Bauen mit den Felfen abgewonnenen Steinen der Zeit nach vorangegangen fein, da das letztere jedenfalls fchwieriger ift, die Kenntnifs befferer Werkzeuge vorausfetzt und vielfach den Transport gröfserer Einzellaften in fich fchliefst.

Auf alle Fälle werden daher bei einer Befprechung der Stein-Conftructionen im Allgemeinen nicht blofs die Conftructionen aus einzelnen Stücken, fondern zugleich auch diejenigen Conftructionen Erwähnung finden müffen, bei welchen aus urfprünglich weichen Maffen durch allmähliche Erhärtung fteinähnliche Baukörper in gröfserer Ausdehnung fich ergeben und die man gewöhnlich als Gufs- und Stampfmauerwerke bezeichnet. Bei den Stein-Conftructionen find alfo dem Material nach zu unterfcheiden:

a) Conftructionen aus natürlichen Steinen, und zwar aus folchen,

α) die nach einer beftimmten Form genau bearbeitet und von gröfseren Dimenfionen find (Quader, Haufteine, Schnittfteine, Werkfteine, Werkftücke),

β) die regelmäfsig bearbeitet, aber von kleineren Dimenfionen, wenig oder gar nicht bearbeitet find (Bruchfteine);

b) Conftructionen aus künftlichen Steinen;

c) Conftructionen aus Gufs- oder Stampfmaffen, und

d) gemifchte Conftructionen, bei denen die Conftructionen unter a, b und c in den verfchiedenen möglichen Combinationen zur Herftellung von einem und demfelben Bautheil Verwendung finden.

9. Einflufs des Steinmaterials.

Will man zweckmäfsig bauen, fo mufs man die Eigenfchaften des Baumaterials berückfichtigen. Es kommt hierbei namentlich der Widerftand gegen die möglichen Beanfpruchungen in Betracht. Die Steine leiften gegen Druck einen bedeutenden Widerftand, während ihre Feftigkeit gegen Zug und Biegung, fo wie ihre Elafticität eine verhältnifsmäfsig viel geringere ift. Es müffen demnach die Stein-Conftructionen namentlich auf Verwerthung der Druckfeftigkeit abzielen. Dadurch wird einerfeits die Art ihrer Lagerung im Bau bedingt, andererfeits ihre Verwendungsfähigkeit und Verbindungsweife befchränkt.

Die oftmals bedeutende Härte des Materials, die Sprödigkeit und die geringe Feftigkeit deffelben gegen Zug und Biegung geftatten nicht oder nur ausnahmsweife Verbindungsarten, wie fie für die Holz-Conftructionen charakteriftifch find, als z. B. Zapfen, Verzahnungen etc. Die verhältnifsmäfsige Kürze, in der die meiften Steinftücke nur erlangt werden können, eben fo wie die geringe Elafticität und Biegungsfeftigkeit erlauben es nicht, Steine zu Balken in der Ausdehnung, wie Holz und Eifen zu verwenden. Die Steinbalkendecken der Aegypter, Syrer und Griechen wird man für heutige Verhältniffe nicht mehr praktifch finden, obgleich andererfeits ähnliche Verwendungsweifen, wie zur Herftellung von Treppen, horizontalen Ueberdeckung von Oeffnungen etc. gar nicht zu umgehen und unter Beobachtung der nöthigen Vorfichtsmafsregeln auch zweckmäfsig find.

Wenn in Folge diefer befchränkteren Verwendungsfähigkeit der Stein auch im Nachtheil gegen Holz und Eifen ift, fo bietet doch die rationelle Ausnutzung der Druckfeftigkeit in den Gewölben ein Mittel, Aehnliches wie mit jenen zu erreichen und fehr grofse Weiten mit Stein-Conftructionen zu überfpannen, die den Holz- und Eifen-Conftructionen durch ihre gröfsere Dauer, bedingt durch die gröfsere Feuer- und Witterungsbeftändigkeit, entfchieden voranftehen.

Das gröfsere Gewicht bei einer durch das Material bedingten gewiffen Dicke geben von Haus aus den reinen Stein-Conftructionen eine gröfsere Stabilität, als den Conftructionen von Holz, eben fo denen gegenüber, die aus Eifen hergeftellt werden, das zwar viel fchwerer ift, aber feiner grofsen Feftigkeit wegen in möglichft geringen Stärken verwendet werden mufs. Es refultirt hieraus die im Allgemeinen weit gröfsere Einfachheit der Conftructionen von Stein gegenüber denen von Holz oder Eifen, deren Stabilität durch Einführung complicirterer Verbände und Verbindungen, wie fie die Natur diefer Materialien geftattet, erreicht werden mufs. In der combinirten Ausnutzung der günftigften Eigenfchaften diefer drei Materialien beruht u. A. die Anwendung der Holz- und Eifen-Fachwerke, bei denen die Felder des aus Holz, bezw. Eifen hergeftellten Gerippes mit Steinwerk ausgefüllt werden.

10. Verwendung der Mörtel.

Eine Vorausfetzung zu letzterer Verwendungsweife und überhaupt ein grofser Vortheil für die Verwendbarkeit des Steinmateriales ift der Umftand, dafs gewiffe Subftanzen, namentlich die Mörtel, zur Verfügung ftehen, die in weit ausgedehnterer Weife, als dies bei Holz und Eifen der Fall ift, eine Verkittung einzelner Steinftücke zu mehr oder weniger monolithen Maffen geftatten und welche felbft mit der Zeit zu fteinähnlichen Maffen erhärten. Wenn nun auch die Feftigkeit diefer Verbindungen der Steine durch die Mörtel oder andere hierher gehörige Bindemittel nicht in allen

Fällen fehr bedeutend ift, wenigftens für die Zeit kurz nach der Herftellung, fo beruhen die Vortheile derfelben doch nicht blofs in der Verkittung, fondern auch noch in Anderem, was in Kap. 3 (unter a) zu erörtern fein wird, und es ift in Folge deffen die Verwendung der Bindemittel bei allen modernen Stein-Conftructionen eine fo allgemeine und ausgedehnte, dafs folche im Hochbau nur felten ganz ohne diefelben ausgeführt werden. In Beziehung auf die Verwendung der Mörtel bei Stein-Conftructionen kann man diefelben daher eintheilen:

a) in folche ohne Mörtel;

b) in folche mit Mörtel, und

c) in folche, die fehr viel Mörtel enthalten oder ganz aus Mörtel beftehen.

Die Conftructionen unter a nennt man wohl Trockenmauerwerke, wenn Mauerkörper auf diefe Weife hergeftellt werden. Es find hierher aber noch eine Anzahl anderer Conftructionen (ein Theil der Steintreppen, Dachdeckungen) einzureihen.

Die Conftructionen unter b bezeichnet man gewöhnlich als Mörtelmauerwerk, wohl auch fchlechtweg nur als Mauerwerk, die unter c als Gufs- und Stampfwerk (hauptfächlich kommt hier der Beton in Betracht), wie in Art. 8 angeführt wurde.

11.
Anwendung.

Die beiden letzteren Conftructionsweifen bieten namentlich die Mittel zur Begrenzung von Räumen und Stützung von Laften. Die Hauptformen diefer Verwendungen find Mauern und Pfeiler, fo wie die Gewölbe.

Die mannigfaltigen Formen, in denen die Steine gewonnen, zugerichtet und künftlich hergeftellt werden können, geben aber noch Veranlaffung zu den verfchiedenften anderweitigen Benutzungen derfelben, namentlich zu Fufsboden- und Deckenbildungen. Es find hierbei anzuführen: Plattenbeläge, Pflafterungen, Mofaik etc.; Ueberdeckungen von Oeffnungen mit Steinbalken und von Balkenfächern mit Platten; die verfchiedenen fteinernen Dachdeckungen, Wandbehänge und Wandtäfelungen. Die Conftructionen der Steintreppen nehmen, wie in räumlicher Beziehung, fo auch in conftructiver eine vermittelnde Stellung zwifchen Fufsboden- und Deckenbildungen ein.

12.
Bedingungen für die Herftellung.

Bei den Mauerwerken treten die Steine am maffenhafteften und felbftändigften auf; fie verdienen daher fchon bei einer allgemeinen Befprechung der Stein-Conftructionen befondere Berückfichtigung. Es laffen fich für fie beftimmte Regeln entwickeln, die zum Theile auch für andere Conftructionen von Stein Giltigkeit haben.

Wie fchon erwähnt, ift eine fehr wichtige Eigenfchaft der Mörtel die, dafs mit ihnen Steinftücke zufammengekittet werden können. Namentlich kommt diefelbe für Mauerwerke aus kleinen Stücken in Betracht. Diefe Verbindung der Steine wird aber erft allmählich, mit zunehmender Erhärtung der Mörtel, feft, und im Anfang find die durch Mörtel verbundenen Steine oft leicht verfchiebbar, ja mitunter noch leichter beweglich, als ohne denfelben, da durch diefe weiche halbflüffige Zwifchenlage die Reibung zwifchen den Steinen vermindert werden kann. Würde man immer einen plötzlich erhärtenden Mörtel verwenden und würden die Mörtel immer fo feft, wie das Steinmaterial, fo hätte man es fchon von vornherein oder wenigftens nach einiger Zeit mit monolithen Steinmaffen zu thun, in denen die Steine unverrückbar liegen würden, was der Endzweck der Conftruction ift. Es wäre dann ganz gleichgiltig, wie und in welcher Form die Steine neben und über einander gelagert find[3]).

[3]) Der Beton ift ein in diefem Sinne bereitetes Conftructions-Material; nur auf der Bindung durch den Mörtel beruht feine Feftigkeit und Cohäfion, an die man daher nicht höhere Anfprüche ftellen darf, als fie der betreffende Mörtel zu leiften vermag.

So rafch und nachhaltig erhärtende Mörtel giebt es nun allerdings; man verwendet fie aber aus anderen, hier nicht zu erörternden Rückfichten nur felten. Zur Erzielung möglichfter Feftigkeit, d. h. hier alfo möglichfter Unverrückbarkeit der einzelnen Steine eines Mauerwerkes gehören demnach noch andere Mittel, als blofse Verbindung durch den Mörtel, nämlich Rückfichtnahme auf Form und Zueinanderordnung der einzelnen Steine. Ja bei Feftftellung der Regeln, nach denen Form und Aneinanderreihung der Steine im Mauerwerk zu beftimmen find, fpielt der Mörtel gar keine Rolle und kann dabei unberückfichtigt bleiben, weil er in feiner erft weichen Befchaffenheit fich der Geftalt der Steine anfchmiegt, weil er ferner Anfangs keine eigene Feftigkeit befitzt und weil endlich auch Mauerkörper ohne Mörtel zu conftruiren find.

13. Lage der Fugenflächen.

Die Flächen, in denen fich die Steine im Mauerwerk berühren, heifsen **Fugenflächen**, die Durchdringungen diefer Fugenflächen mit zur Anficht kommenden Flächen des Mauerwerkes **Fugenlinien** oder kurzweg **Fugen**.

Kräfte, die auf ein Mauerwerk wirken, werden in den Fugenflächen von einem Stein auf den benachbarten übertragen; man kann eine folche Kraft als Fugenkraft bezeichnen, und da hier meift nur Drücke zur Wirkung gelangen, fpecieller als Fugendruck. Verfchiebungen durch den Fugendruck fteht nur die Reibung in den Fugenflächen entgegen, da wir von einer Verkittung durch Mörtel hier abfehen. Wäre auch keine Reibung vorhanden, fo müffte die Fugenfläche normal zur Richtung des Fugendruckes liegen, wenn ein Gleiten vermieden werden foll. Abweichungen von diefer Lage der Fugenfläche find daher in ihrer Gröfse von der vorhandenen Reibung abhängig zu machen. Der Reibungs-Coefficient zwifchen Stein auf Stein ift 0,6 bis 0,7, der Reibungswinkel 31 bis 35 Grad. Differenzen zwifchen der Richtung des Fugendruckes und der Normalen zur Fugenfläche dürfen daher diefes Mafs nicht überfteigen. Nimmt man doppelte Sicherheit an, fo reducirt fich diefer Winkel auf 17 bis 19 Grad. Da die Reibung auch durch Erfchütterungen, durch Waffer und fonftige äufsere Einflüffe vermindert werden kann, fo ift im Allgemeinen als theoretifch zweckmäfsigfte Lage der Fugenfläche diejenige normal zur Richtung des Fugendruckes anzufehen. Abweichungen von diefer Richtung, fo weit es die Reibung geftattet, werden nur durch andere Rückfichten gerechtfertigt werden können.

Die Richtung des Fugendruckes in einem Mauerwerk wechfelt häufig, z. B. bei einem Gewölbe; es werden demnach auch die Richtungen der Fugenflächen in einem folchen Falle wechfeln müffen. Man erhält in Folge deffen nicht parallele, fondern convergirende Schichten des Mauerwerkes. Beruht nun darauf auch z. B. die Haltbarkeit der Gewölbe, und wird man fich bei diefen der fchwierigeren und koftfpieligeren Mauerung und Herftellung paffender Steine nicht entziehen können, fo wird man andererfeits in vielen Fällen, namentlich wo es fich um lothrechte Mauerkörper handelt, von der confequenten Durchführung des vorher erörterten Grundfatzes abzuweichen wünfchen müffen, um Erleichterung der Arbeit und Verminderung der Koften zu erzielen. Man wird defswegen häufig eine parallele Schichtung des Mauerwerkes, normal zu einer mittleren Druckrichtung, vorziehen, weil dann die Steine von parallelen Flächen begrenzt werden können, was die Ausführung erleichtert.

Auch im Hochbau kommt es öfters bei lothrechten Mauerkörpern vor, dafs die mittlere Druckrichtung in denfelben nicht lothrecht ift, fondern fchief im Raume (bei Widerlagsmauern von Gewölben, Strebepfeilern, Futter- und Stützmauern etc.). In Folge der parallelen Schichtung — bei Einführung einer mittleren Druckrichtung —

und weil die Mauern in den meiften Fällen lothrechte Begrenzungsebenen erhalten müffen, ergeben fich an diefen fpitzwinkelige Kanten der Steine, die praktifche Bedenken gegen fich haben. Spitzwinkelige Kanten werden leichter abgedrückt; auch werden fie leichter durch die Verwitterung zerftört, als rechtwinkelige oder gar ftumpfwinkelige. Die rechtwinkeligen Kanten kann man aber im vorliegenden Falle nur durch horizontale Schichtung des Mauerwerkes erzielen, welche die im Hochbauwefen am meiften auch angewendete ift. Das, was man hierbei an Feftigkeit der Conftruction in Folge gröfserer Abweichungen von der theoretifch richtigen Lage der Fugenflächen normal zur Druckrichtung einbüfst, mufs durch gröfsere Stärke der Mauer erfetzt werden. Wie man die fpitzen Winkel wenigftens an einer Seite der Mauern vermeiden kann, wird fpäter zu erörtern fein[4]).

Die aus den vorher angegebenen praktifchen Rückfichten auf die Art des Steinmateriales wünfchenswerthe parallelepipedifche Geftaltung der Steine einer Mauer ift auch diejenige, die fich am leichteften, einfachften und billigften ausführen läfft. Bei den zumeift im Hochbauwefen zur Verwendung kommenden natürlichen Steinarten, den Sedimentär-Gefteinen, entfpricht fie auch gewöhnlich der natürlichen Schichtung und Zerklüftung, fo wie der Gewinnungsweife in den Steinbrüchen, während fie bei den künftlichen Steinen die für die Fabrikation bequemfte ift.

Das rechtwinkelige Aneinanderftofsen der Begrenzungsflächen eines Mauerfteines läfft fich übrigens auch theoretifch begründen. In jedem von äufseren Kräften afficirten Körper wirkt auf ein beliebiges Flächenelement eine Kraft, die man im Allgemeinen innere Kraft[5]) oder, auf die Flächeneinheit bezogen, Spannung nennt. Es läfft fich nachweifen[6]), dafs in jedem Punkte drei auf einander normale Spannungen exiftiren, welche auf den von ihnen afficirten Flächenelementen normal ftehen.

Man nennt diefe Spannungen Hauptfpannungen. Im vorliegenden Falle find die Spannungen meift Drücke, die man daher Hauptdrücke nennen kann. Jeder andere Druck fteht auf der von ihm afficirten Fläche nicht normal. Nach dem Gefagten läfft fich fonach folgender Satz aufftellen: Die Fugenflächen follen auf den Hauptdrücken normal ftehen. Es ergeben fich hiernach drei zu einander normale Fugenflächen.

14.
Fugenflächen und Mauerfchichten.

Die Benennung der Fugenflächen ift je nach ihrer Lage zur Druckrichtung im Mauerwerk eine verfchiedene. In der Regel ift nur ein Hauptdruck vorhanden. Die im Allgemeinen zur Richtung diefes Hauptdruckes normal zu legenden Fugenflächen heifsen **Lagerflächen**, die fenkrecht zu demfelben liegenden **Stofsflächen**. Die Durchdringungslinien diefer Steinflächen mit den Begrenzungsflächen des Mauerwerkes heifsen **Lagerfugen**, bezw. **Stofsfugen**. Unter den Stofsflächen werden mitunter diejenigen, welche im Aeufseren des Mauerwerkes nicht durch Fugenlinien kenntlich werden, als **Zwifchenflächen** bezeichnet. Es werden diefelben nur in einem Durchfchnitt fichtbar. Man nennt diefelben wohl auch **gedeckte Fugen** im Gegenfatz zu den äufserlich fichtbar werdenden **offenen Stofsfugen**.

Der Mauerabfchnitt zwifchen zwei fortlaufenden Lagerflächen heifst **Mauerfchicht** (Wölbfchicht). Durch die Lagerflächen wird der Hauptdruck von einer Schicht auf die benachbarte übertragen; defshalb hat man den Lagerflächen eine der Natur des Steinmateriales entfprechende Gröfse zu geben. Sie ift mindeftens fo grofs zu machen, dafs auch unter den ungünftigften Verhältniffen der Druck pro Flächeneinheit die zuläffige Beanfpruchung nicht überfteigt. Bei Verwendung von künftlichen Steinen hat man die Beftimmung diefer Gröfse allerdings nicht in der Hand. Die Druckfeftigkeit der Steine, quadratifche Druckfläche vorausgefetzt, nimmt

---

4) Siehe im vorliegenden Bande: Abth. III, Abfchn. 1, A: Wände.

5) Siehe Theil I, Band 1 diefes »Handbuches« (Art. 252, S. 231).

6) Siehe: Winkler, E. Die Lehre von der Elafticität und Feftigkeit etc. 1. Theil. Prag 1867. §. 12 (S. 8).

zu mit abnehmender Höhe; ſie nimmt auch noch unter Würfelhöhe zu [7]); daher iſt es zweckmäſsig, die Höhe oder Stärke einer Schicht, die der Höhe einer Stoſsfläche entſpricht, nicht gröſser als die kleinſte Dimenſion der Lagerfläche eines Steines zu nehmen, ſondern eher noch geringer.

Die Länge der Lagerfläche hängt von der Biegungsfeſtigkeit des Steinmateriales ab. Es kommt dieſe in Frage, weil beim Mauerwerk ſelten ganz präciſe Arbeit vorauszuſetzen iſt und deſshalb einzelne Steine hohl zu liegen kommen können. Die Biegungsfeſtigkeit der Steine iſt bekanntlich ſehr gering und daher die Länge der Lagerflächen und mit dieſen die Länge der Steine eine entſprechend beſchränkte. Unter Berückſichtigung deſſelben Umſtandes darf auch die Stoſsfläche im Verhältniſs zur Lagerfläche nicht zu klein genommen werden. Daraus ergiebt ſich eine kurze gedrungene Form der Steine als die zweckmäſsigſte, wozu noch der früher beſprochene wünſchenswerthe Parallelismus der gegenüber liegenden Flächen tritt.

15. Wahl der Lagerflächen.

Wären alle Steinmaterialien von vollſtändig homogener Beſchaffenheit, ſo würden alle Seiten derſelben gleich gut im Stoff geeignet ſein, als Druck empfangende Lagerflächen zu dienen. Bei künſtlichen Steinen iſt dieſe Eigenſchaft vorauszuſetzen, und ſie kann bei dieſen auch beſchafft werden. Bei den zu Hochbauten zumeiſt verwendeten natürlichen Steinen, bei den geſchichteten Geſteinen, iſt dieſe Eigenſchaft in Folge der natürlichen Schichtung gewöhnlich aber nicht vorhanden. Es beſitzen dieſelben normal zur natürlichen Schichtung gröſsere Druckfeſtigkeit, als parallel zu derſelben. Man hat daher zu Lagerflächen die Bruch-Lagerflächen zu verwenden [8]).

16. Gröſse der Steine.

Die Rückſicht auf die innere Structur der Steine iſt zum Theile auch maſsgebend für die Beſtimmung der Gröſse derſelben. Da nach den vorhin angegebenen Gründen die natürliche Schichtung immer normal zur Druckrichtung gelegt werden ſollte, ſo iſt die dieſer Richtung entſprechende Dimenſion des Steines, die Höhe oder Dicke deſſelben, abhängig von der Stärke der Gebirgsſchichten, von der Mächtigkeit der Bänke in den Steinbrüchen der Bezugsorte. Länge und Breite der Werkſtücke aus natürlichem Stein müſſen weiter zu ihrer Höhe in einem angemeſſenen Verhältniſs ſtehen, das abhängig iſt von der Biegungsfeſtigkeit des betreffenden Materiales, wie dies ſchon früher ausgeführt wurde. Im Allgemeinen kann man wohl ſagen, daſs man bei nicht ſehr feſten Sand- und Kalkſteinen das Doppelte, bei feſten Sand- und Kalkſteinen das Dreifache, bei Marmor das Vierfache, bei Granit und entſprechenden Materialien das Fünffache der Höhe zur Länge nehmen kann. Die Breite wird zwiſchen der einfachen und doppelten Höhe bemeſſen, darf aber nicht geringer als dieſe ſein (von Verblendungen mit Platten natürlich abgeſehen). — Bei den künſtlichen Steinen iſt die Gröſse abhängig von der Grenze, bis zu welcher man eine homogene und feſte Maſſe erzeugen kann.

Auſser von dieſen in der Natur der Materialien begründeten Bedingungen für die Gröſsenbeſtimmung der Steine iſt dieſelbe auch noch abhängig von der Möglichkeit des Transportes und von der Art des Verſetzens im Bau. Beim Verſetzen der Steine mit der Hand müſſen die Steine handlich bleiben, dürfen alſo ein gewiſſes Gewicht nicht überſchreiten, während ſonſt das gröſste zuläſſige Gewicht von der Leiſtungsfähigkeit der zur Verfügung ſtehenden Hebemaſchinen abhängig iſt.

---

[7]) Siehe: BAUSCHINGER, J. Mittheilungen aus dem mechaniſch-techniſchen Laboratorium der k. polytechniſchen Schule in München. VI. Heft. München 1876. S. 7.

[8]) Die natürliche Schichtung wird mitunter auch das Loos genannt.

17. Steinverband und Steinverbindung.

Aus der Erfahrung hat fich ergeben, dafs man bei den in der Baupraxis bevorzugten, regelmäfsig fpaltenden Steinen am folideften, bequemften und billigften in Schichten mit durchgehenden parallelen Lagerflächen mauert, d. h. indem man eine Anzahl gleich hoher Steine in einer Schicht vereinigt. Bei lothrechten Mauern hält man aufserdem noch horizontale ebene Lagerflächen für praktifch [9]). Werden bei Verwendung von Mörteln hierbei noch die Mörtelbänder zwifchen den Schichten von durchgehends gleicher Dicke gehalten, fo erzielt man dabei noch ein möglichft gleichmäfsiges Setzen, das innerhalb eines Mauerwerkes hauptfächlich durch die Zufammenpreffung des Mörtels und das Schwinden deffelben verurfacht wird.

Trotz diefer praktifch zweckmäfsigen Anordnungen find in Folge von auf das Mauerwerk wirkenden Drücken Verfchiebungen einzelner Steine innerhalb deffelben möglich. So weit dies überhaupt angeht, find diefe Verfchiebungen auf zweierlei Weife zu verhindern:

a) Durch eine zweckmäfsige Aneinanderreihung oder Verkettung der Steine innerhalb einer Schicht und zweckmäfsige Zueinanderordnung der Stofsfugen einer Schicht zu denen einer folgenden; es ift dies der Steinverband.

b) Durch Hinzuziehung von Hilfsmitteln, die eine ifolirte Bewegung einzelner Steine in einer Schicht unabhängig von einer anderen durch Befeftigung der Steine unter einander verhüten follen. Wir wollen die Arten diefer Befeftigungen als Steinverbindungen [10]) bezeichnen. Es können diefelben auf dreierlei Weife hergeftellt werden:

1) durch Verbindung mittels der fog. Bindemittel (Mörtel);

2) durch befondere Formung der Fugenflächen, und

3) durch befondere Hilfsftücke von Stein, Holz oder Metall.

Ift nur ein Hauptdruck vorhanden und liegen dabei die Lagerfugen theoretifch richtig, alfo normal zur Druckrichtung oder innerhalb der zuläffigen Abweichung von derfelben (z. B. bei lothrechten Mauern mit lothrechter Belaftung oder bei richtig conftruirten Gewölben), fo reicht man mit dem Steinverband aus. Eben fo wenn noch zufällige Beanfpruchungen (anders gerichtete Drücke oder Zugfpannungen) hinzutreten und auf diefe im Verband Rückficht genommen wird. In der Regel wird aber die unter b, 1 angeführte Verbindung durch den Mörtel hinzugezogen, und es wird diefe um fo wichtiger, je kleinftückiger, weniger gut bearbeitet oder unregelmäfsiger das Material ift. Es wird diefelbe unentbehrlich, wenn man überflüffige Mauerftärken vermeiden will bei nicht richtiger Lage der Lagerflächen zur Druckrichtung und wenn mögliche zufällige Beanfpruchungen im Verbande nicht genügend berückfichtigt find. Es werden dann häufig noch die unter b, 2 und b, 3 angeführten Verbindungen angewendet. Die blofse Verwendung der Verbindungen ohne einen Verband kommt bei rationellen Stein-Conftructionen nicht vor, abgefehen natürlich von den fchon mehrfach erwähnten Conftructionen, deren Exiftenz auf der blofsen Verbindung durch Mörtel beruht oder die ganz aus derartigen Bindemitteln beftehen (Gufs- und Stampfmaffen).

Die Verbindungen werden fpäter (in Kap. 3) näher zu erörtern fein; dagegen follen jetzt fchon die allgemeinen Grundfätze für die Steinverbände feft geftellt werden.

---

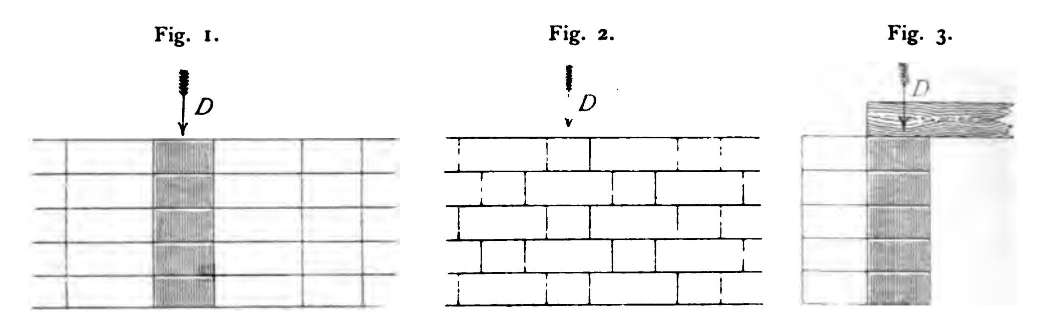
9) Da bei lothrechten Mauern der Hauptdruck meift vertical ift, fo empfiehlt fich, den Auseinanderfetzungen in Art. 13 (S. 13) entfprechend, auch vom theoretifchen Standpunkte aus die horizontale Lage der Lagerflächen.

10) Analog der Unterfcheidung von Holzverband und Holzverbindung.

18.
Grundfätze für den Steinverband.

Als Aufgabe des Verbandes war die Verhütung von Verfchiebungen einzelner Steine bezeichnet worden. Denken wir uns ein Mauerwerk durch einen ifolirten Hauptdruck *D* beanfprucht und die Steine in der in Fig. 1 angegebenen Weife angeordnet, alfo mit in verticalem Sinne durchgehenden Stofsflächen, fo wird von der Mauer nur der fchraffirte Theil durch *D* in Anfpruch genommen. Es könnten fich in demfelben die Steine unabhängig von den benachbarten bewegen; an einer Bewegung würden fie höchftens durch Reibung in den Stofsfugenflächen gehemmt. Wir haben keinen Verband. Ordnen wir dagegen die Steine in der in Fig. 2 angenommenen Weife an, fo haben wir einen Verband; denn es können nun durch den

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.



Druck *D* nicht mehr blofs einzelne, unmittelbar lothrecht über einander liegende Steine verrückt werden; fondern an einer etwaigen Verrückung müffte eine ganze Zahl von benachbarten theilnehmen. Es wird hierbei gleichzeitig etwas anderes Wichtiges erreicht: der ifolirte Druck *D* wird auf einen gröfseren Theil der Mauer vertheilt, ein einzelner Stein in derfelben viel weniger auf Zerdrücken in Anfpruch genommen.

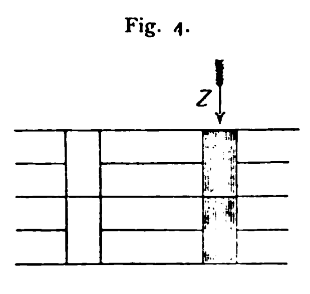
Ifolirte Hauptdrücke kommen bei Hochbauten öfters vor, z. B. bei den einzelnen Balken einer Balkenlage ohne Mauerlatte, bei Tragbalken einer Decken-Conftruction, bei Bindern der Dachwerke, bei Säulenftellungen etc.

Denken wir uns ferner den Fall, dafs ein ifolirter Hauptdruck nicht in der ganzen Stärke einer Mauer zur Wirkung gelangt, wie in Fig. 3 (Querfchnitt in Richtung der Mauerdicke) angenommen, fo wird eine Längsfpaltung der Mauer eintreten können, wenn derfelben nicht durch einen Verband in Richtung der Stärke der Mauer vorgebeugt wird.

Zu den Hauptdrücken, mögen fie nun gleichmäfsig vertheilt oder ifolirt auftreten, kommen häufig noch zufällige Beanfpruchungen hinzu, und zwar:

1) Solche normal zur Richtung des Hauptdruckes und normal zur Anfichtsfläche des Mauerwerkes (Stöfse etc., *Z* in Fig. 4); gehen dabei die Stofsflächen durch die ganze Mauerdicke hindurch, wie in Fig. 4 (Auffícht auf eine Lagerfläche) angenommen, fo werden die zwifchen zwei Stofsflächen gelegenen Steine allein beanfprucht und durch die Mauer gefchoben werden können, ohne daran durch ihre Nachbarn gehindert zu fein. Dem würde auch durch einen Verband abgeholfen werden können [11]).

Fig. 4.



2) Kräfte, gleichfalls normal zur Richtung des Hauptdruckes, aber parallel zur Anfichtsfläche des Mauerwerkes,

[11]) Es mufs hier angeführt werden, dafs man doch, aus praktifchen Gründen, vielfach die Stofsflächen durch die Mauerftärke hindurchlaufen läfft, dafür aber oft Steinverbindungen hinzuzieht.

die von partiellen Senkungen, Erſchütterungen etc. herrühren und als Druck- oder Zugſpannungen auftreten können. Auch in dieſen Fällen wirkt ein Verband günſtig für den Zuſammenhalt des Mauerwerkes.

Eine Bewegung der Schichten über einander in Folge von ſo gerichteten Kräften iſt dadurch aber noch nicht ausgeſchloſſen und nur durch Aufgeben der Mauerung in Schichten oder durch Anwendung von Steinverbindungen zu verhüten.

Von den Urſachen, welche Längsſpannungen in einem Mauerwerk hervorrufen, muſs eine, als bisher zu wenig beachtet und erkannt, hier beſonders hervorgehoben werden. Es iſt dies die Ausdehnung und Zuſammenziehung des Steinmaterials bei Temperatur-Zu- und -Abnahme. Es iſt dieſe Veränderlichkeit des Volums durchaus nicht unbedeutend, wie aus den unten mitgetheilten Zahlen hervorgeht. (Der Ausdehnungs-Coefficient für Sandſtein nähert ſich, der für Portland-Cement-Sand-Mörtel iſt gleich dem von Eiſen, und der von Gyps iſt ſogar gröſser.) Durch dieſelbe können bei lang ausgedehnten Mauerwerken Verſchiebungen von Steinen und Riſſe entſtehen; desgleichen können dann, wenn die Mauerenden feſt gehalten ſind, gefährliche Ausbauchungen ſich bilden. Es mögen derartige Erſcheinungen, für die man ſonſt keine genügende Urſache nachweiſen konnte, oft auf dieſe Veränderlichkeit der faſt allgemein für volumbeſtändig gehaltenen Stein- und Mörtel-Materialien zurückgeführt werden können.

Die umfaſſendſten Verſuche über die Ausdehnung der Mauerwerke, welche dem Verfaſſer bis jetzt bekannt geworden ſind, ſind diejenigen *Bouniceau*'s [12]. Als Mittelwerthe aus je zwei Verſuchen giebt derſelbe folgende Ausdehnungs-Coefficienten an (lineare Ausdehnung für 1 Grad C. [13]):

Guſs aus reinem Portland-Cement	0,0000107
Guſs aus Portland-Cement-Mörtel (1 Theil Cement, 2 Theile Quarzſand)	0,0000118
Backſteinmauerwerk in Portland-Cement-Mörtel (die Ziegel als Binder verlegt)	0,0000089
Daſſelbe (die Ziegel als Läufer verlegt)	0,0000046
Portland-Cement-Beton	0,0000143
Kalkſteinquader von Ranville	0,0000075
Desgl. von der Maladrerie bei Caen	0,0000089
Granitquader von Diélette	0,0000079
Marmor	0,0000054
Weiſser Gypsguſs	0,0000166.

Als Mittel zur Verhinderung der ſchädlichen Wirkung der Ausdehnung der Steine durch Temperaturerhöhung ſchlägt *Bouniceau* vor, bei lang ausgedehnten Mauer-Conſtructionen, wie z. B. Umfaſſungsmauern, Quaimauern etc., in Intervallen Schlitze von einigen Millimeter oder Centimeter Breite einzuſchalten.

Aus den gegebenen Beiſpielen ergiebt ſich als erſter allgemeiner Hauptgrundſatz für die Steinverbände, daſs in zwei auf einander folgenden Schichten keine Stoſsflächen auf einander treffen dürfen, ſondern gegenſeitig verſetzt ſein müſſen, und daſs ferner auch in der Richtung der Stärke und Länge des Mauerwerkes wo möglich keine Stoſsflächen ganz durchlaufen ſollten.

Berückſichtigt man weiter, daſs die Feſtigkeit eines Verbandes nicht allein von der Anordnung der Stoſsfugen abhängen kann, ſondern auch von der eigenen Feſtigkeit der einzelnen Steine abhängig ſein muſs, und daſs in den Stoſsfugen, wenn

[12] Mitgetheilt in: *Annales des ponts et chauſſées* 1863, 1. Sem., S. 178.

[13] Des Vergleiches wegen ſeien aus Theil I, Band 1 dieſes »Handbuches«, Art. 163 (S. 184) die Ausdehnungs-Coefficienten für Eiſen (auf 1 Grad C. umgerechnet) wiederholt:

Guſseiſen	0,0000132
Schmiedeeiſen	0,0000145
Stahl	0,0000135.

keine künstlichen Verbindungen zwischen den Steinen angewendet sind, irgend welche Festigkeit nicht vorhanden ist, so läßt sich weiter als zweiter Grundsatz für die Steinverbände folgern, dass ein Verband um so fester sein wird, je weniger Stossflächen innerhalb der Ausdehnung dieses Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen.

Diesen Grundsätzen kann man durch Verschiedenheit der Dimensionen der einzelnen Steine oder durch Verwendung verschieden grosser Steine und durch verschiedene Lage der gleich oder verschieden grossen Steine in den Schichten gerecht werden.

19. Benennung der Steine und Schichten.

Je nach der Anordnung der Steine in den Schichten erhalten dieselben verschiedene Namen, die für alle Mauermaterialien giltig sind und desshalb gleich hier aufgeführt werden können.

Diejenigen Steine, welche mit ihrer längsten Seite in der Ansichtsfläche des Mauerwerkes oder parallel zu derselben liegen, heissen Läufer. Dagegen nennt man die Steine, welche mit ihrer Länge in das Mauerwerk eingreifen oder tiefer in dasselbe hineinreichen, als die über oder unter ihnen liegenden Steine, dieselben also überbinden, Binder. In demselben Sinne wird auch die Bezeichnung Strecker verwendet, die man mitunter aber auch nur auf Binder bezieht, welche durch die ganze Constructionsstärke hindurchreichen. Für diesen Fall werden aber auch die Namen Durchbinder oder Ankersteine benutzt [14]).

Schichten, die nur aus Läufern oder nur aus Bindern zusammengesetzt sind, oder wenigstens in der Mauerfläche als so zusammengesetzt zur Erscheinung gelangen, heissen Läufer-, bezw. Binderschichten.

Die in der Ansichtsfläche des Mauerwerkes liegende Fläche des Steines, die also einen Theil der ersteren bildet, nennt man das Haupt oder die Ansichtsfläche. Mit dieser Bezeichnung in Zusammenhang steht die Benennung von Verbandmauerwerken, bei denen nur eine oder alle beiden Langseiten zur äusseren Erscheinung gelangen, als einhäuptige und zweihäuptige. In demselben Sinne gebraucht man auch die Benennungen Stirn- und Kopfflächen. Bei den Lagerflächen unterscheidet man das obere und das untere Lager.

Die Längenrichtung der Aussenseite einer Mauer nennt man die Flucht derselben.

---

2. Kapitel.

Steinverband.

20. Allgemeines.

Aus den Erörterungen des 1. Kapitels ergab sich die kurze, parallelepipedische Gestalt der Steine als die zweckmässigste zur Herstellung eines regelrechten Steinverbandes. Halten wir dann weiter fest, dass es Aufgabe des letzteren ist, die Steine innerhalb einer Schicht sowohl, als auch in Beziehung zu den benachbarten Schichten zweckmässig zu einander zu ordnen, so leuchtet ein, dass bei einer bloss theoretischen Besprechung der Steinverbände die absolute Grösse der Stücke nicht in Betracht zu kommen hätte, während das Verhältniss der drei Dimensionen eines parallelepipedischen Stückes zu einander eine grosse Rolle spielen muss. In der Praxis kommt

---

[14]) Da die Bezeichnung »Strecker« auch manchmal für Läufer verwendet wird, so erscheint es zweckmässig, dieselbe ganz zu vermeiden.

aber die absolute Grösse der Stücke für den Verband in so fern in Betracht, als man bei Herstellung eines Mauerwerkes aus den grösseren natürlichen Steinen mit einfacheren Anordnungen in der Regel ausreicht, während bei Anfertigung desselben Mauerwerkes aus den kleineren künstlichen Steinen die Verbandregeln in voller Ausdehnung zur Anwendung gelangen müssen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass die grösseren Stücke bereits durch ihr Eigengewicht eine gesicherte Lage bekommen, dass bei ihnen schon aus diesem Grunde eine laxere Behandlung des Verbandes zulässiger erscheint, als bei kleinen Steinen, die selbst durch geringe Stösse aus ihrer Lage verrückt werden können. Es folgt hieraus, dass eine Erörterung der Verbände namentlich mit Rücksicht auf die kleinstückigen künstlichen Steine zu erfolgen hat. Dies wird noch mehr begründet dadurch, dass für die künstlichen Steine die Dimensionen und die Verhältnisse derselben unter einander ein für allemal fest gestellt werden können, und zwar mit Rücksicht auf Ermöglichung eines regelrechten Verbandes, während für die natürlichen Steine die Dimensionen bei jedem Bau innerhalb gewisser, durch die Verhältnisse der Steinbrüche gegebenen Grenzen an den meisten Orten beliebig bestimmt werden.

Aus den angeführten Gründen scheint es zweckmässig, an der Praxis früherer Lehrbücher fest zu halten und die Steinverbände zunächst für die noch immer am häufigsten verwendeten Backsteine zu besprechen.

a) Steinverbände für Mauerwerke aus Backsteinen.

21. Dimensionen der Backsteine.

Um einen regelrechten Mauerverband herstellen zu können, ist es nothwendig, dass man die Backsteine nach allen drei zu einander senkrechten Richtungen an einander schieben kann, ohne dass sich irgend welche störenden Vorsprünge ergeben. Dies ist möglich, wenn im Allgemeinen die Länge l des Steines gleich ist der doppelten Breite b und die Breite gleich der doppelten Dicke h, wenn also zwischen den Dimensionen die Proportion

$$h : b : l = 1 : 2 : 4$$

vorhanden ist. Auch bei sorgfältiger Fabrikation sind aber kleine Differenzen zwischen den Steinen eines und desselben Brandes, eben so wie kleine Unebenheiten gewöhnlich nicht zu vermeiden; ferner müssen die Backsteine mit einem Mörtel vermauert werden, so dass also zwischen den einzelnen Steinen ein Zwischenraum, die Fugendicke (6 bis 15 mm), die wir mit f bezeichnen wollen, sich ergiebt, was bei der Proportionirung der Steine zu berücksichtigen ist. Aus Fig. 5 u. 6, worin die Lagen, in welchen die Mauersteine zu einander gelegt werden können, dargestellt sind, ergeben sich dann folgende Beziehungen:

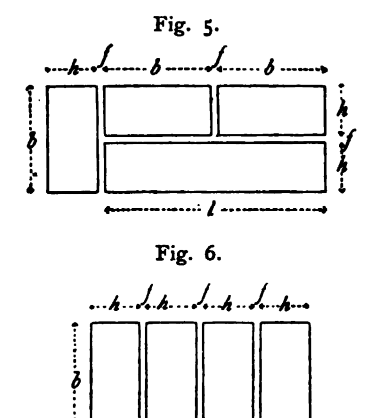


Fig. 5.
Fig. 6.

$$l = 2b + f = 4h + 3f;$$
$$b = 2h + f = \frac{l - f}{2};$$
$$h = \frac{b - f}{2} = \frac{l - 3f}{4}.$$

Das Format der Backsteine ist durch diese Beziehungen genau bestimmt, wenn man eine immer einzuhaltende Fugendicke und eine der drei Dimensionen fest stellt.

Zu letzterer eignet fich am beften die Dicke *h* der Steine, weil diefe ein gewiffes Mafs nicht überfchreiten darf, fobald die Steine beim Brennen eine durchweg gute Qualität erhalten follen. Der »Deutfche Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement« hat[15]) als Maximalmafs in diefer Beziehung 65 mm bezeichnet. Nimmt man eine Fugendicke von 10 mm an, fo ergeben fich dann nach obigen Formeln für diefe Dicke die Dimenfionen

$$h = 65 \text{ mm}, \ b = 140 \text{ mm} \text{ und } l = 290 \text{ mm}.$$

Es find dies die Dimenfionen des neuen öfterreichifchen Normal-Ziegelformates[16]).

Diefes öfterreichifche Format ift alfo in Rückficht auf den Verband ein theoretifch ganz richtiges, das aber aus hier nicht weiter zu erörternden Gründen als ziemlich grofs erfcheint. Im Gebiete des ehemaligen Norddeutfchen Bundes hielt man ein kleineres Format für zweckmäfsiger und beftimmte daffelbe zu

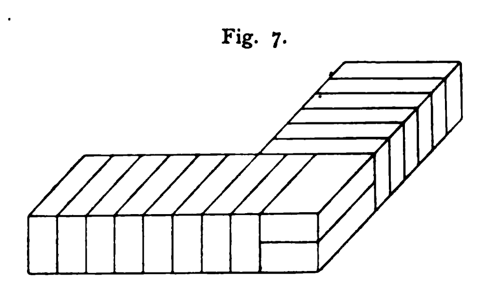
$$h = 65 \text{ mm}, \ b = 120 \text{ mm} \text{ und } l = 250 \text{ mm},$$

unter Zugrundelegung einer Stofsfugendicke von 10 mm. Die Mehrzahl der deutfchen Regierungen hat diefes deutfche Normal-Ziegelformat[17]) für die Staatsbauten vorgefchrieben; auch hat es fich im Privatbau fehr viel Eingang verfchafft, obgleich auch noch immer gröfsere Formate (fo in Bayern) und kleinere (theilweife in Norddeutfchland) angewendet werden.

Bei diefem deutfchen Normal-Ziegelformat ift die Länge das Doppelte der Breite plus einer Fugenftärke, während die zu diefem Format nach obigen Formeln zugehörige Steindicke anftatt 65 mm nur 55 mm betragen dürfte.

Diefe Unrichtigkeit des Formates macht fich geltend, wenn die fog. Rollfchichten mit Läufer- oder Binderfchichten in Verband treten follen. Unter einer Rollfchicht verfteht man eine folche Schicht, deren Höhe gleich der Ziegelbreite ift und bei welcher die Steine mit ihrer Länge normal zur Mauerflucht liegen (Fig. 7). Der Formatfehler zeigt fich darin, dafs zwei flach über einander gelegte Steine mit einer Lagerfuge zwifchen fich die Rollfchicht um 20 mm überragen müffen, was namentlich im Backftein-Rohbau unangenehm werden kann, in welchem bei der Bildung von Sockelmauern und Gefimfen häufig der Fall eintritt, dafs Rollfchichten mit Flachfchichten in Verband zu treten haben. Man hat aber die fo fich ergebenden Uebelftände anderen Gründen gegenüber doch nicht erheblich genug erachtet, um das Format anders zu bilden[18]).

Fig. 7.



Bei Mauerwerk aus Flachfchichten ift keine Nothwendigkeit vorhanden, die Dicke der Lagerfugen gleich jener der Stofsfugen zu halten. Für die gewöhnlichen Mauerfteine (ordinäre Backfteine) ift eine Lagerfuge von 10 mm Dicke etwas wenig; nimmt man diefelbe zu ca. 12 mm an, fo erreicht man den Vortheil, dafs auf 1 m Höhe eine beftimmte Anzahl von Schichten, nämlich 13 folcher kommen[19]).

22. Steintheile.

Um regelrechte Verbände bilden zu können, genügen nicht die ganzen Steine allein; fondern es find noch Stücke derfelben nothwendig, die durch Halbirung und

15) In der Generalverfammlung zu Berlin am 8. u. 9. Februar 1869.

16) Befchlufs des öfterreichifchen Architekten- und Ingenieur-Vereins 1874.

17) Zuerft vorgefchlagen vom erwähnten »Deutfchen Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren etc.«

18) Genaueres über Feftftellung eines guten Backfteinformates und über die Beftimmung des deutfchen Normalformates fiehe in: Deutfche Bauz. 1869, S. 146, 257, 269 u. 281.

19) Ueber die daraus refultirende einfache Maffenberechnung fiehe: Deutfche Bauz. 1869, S. 630.

Viertheilung gebildet werden. Die Bezeichnung für diese Steintheile ist in den verschiedenen Gegenden Deutschlands etwas verschieden. Wir wollen die folgende Bezeichnungsweise, welche uns als die consequenteste und am wenigsten zu Verwechselungen Anlaß gebende erscheint, für künftighin adoptiren:

1) ein Stück von der vollen Steinbreite und drei Viertel der Länge = Dreiquartier (Dreiviertelstein, Fig. 8 *a*);

2) ein Stück von der vollen Steinbreite und zwei Viertel der Länge = Zweiquartier (halber Stein, Fig. 8 *b*);

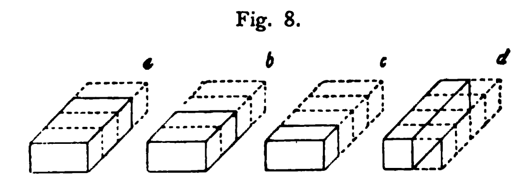


Fig. 8.

3) ein Stück von der vollen Steinbreite und ein Viertel der Länge = Quartier (Einquartier, Fig. 8 *c* [20]);

4) ein Stück von der ganzen Steinlänge und halber Breite = Längsquartier (langes Quartier, Riemchen, Riemstück, Riemenstein, Fig. 8 *d* [21]).

Diese Stücke müssen leider gewöhnlich durch Behauen und Spalten der ganzen Steine hergestellt werden, wodurch sich viel Bruch ergiebt, abgesehen davon, daß durch die starken Erschütterungen hierbei die Festigkeit des Materiales leidet. Die Maschinensteine lassen sich häufig gar nicht in regelmäßige Stücke zerschlagen. Deßwegen wäre es zweckmäßig, wenn die Ziegeleien solche Theilstücke geformt auf Lager halten würden.

Um nicht unnützen Verhau zu bekommen, macht man die Mauerstärken immer als ein Vielfaches der Steinbreiten und benennt sie dem entsprechend. Man spricht von ½ Stein, 1 Stein, 1½ Stein, 2 Stein etc. starken Mauern.

Unter Zugrundelegung des deutschen Normal-Ziegelformates und einer Dicke der Zwischenfugen von 10 mm ergeben sich dann folgende Mauerstärken:

½	Stein	starke	Mauer	= 120	mm	dick,
1	»	»	»	= 250	»	»
1½	»	»	»	= 380	»	»
2	»	»	»	= 510	»	»
2½	»	»	»	= 640	»	»

etc., stets eine Zunahme von 130 mm für ½ Stein.

Würde man geformte Dreiquartiere beziehen können, so wäre man in der Lage, die Mauerstärken auch um ¼ Steinlängen (halbe Steinbreiten) abstufen zu können.

23.
Regeln für den Verband.

Es giebt eine ziemliche Zahl von Verbandanordnungen für Backsteine, die nicht alle gleichen Werth besitzen. Als Hauptregeln für einen guten Verband mögen die folgenden angeführt werden; sie entsprechen theils den theoretischen Erörterungen des 1. Kapitels; theils sind sie praktischen Rücksichten entsprungen:

1) Stoßfugen dürfen in auf einander folgenden Schichten sich nur kreuzen, aber nie auf einander treffen; es muß immer eine Ueberbindung der Steine von mindestens ¼ Steinlänge (½ Steinbreite) stattfinden. Ein Verband wird im Allgemeinen um so besser sein, je weniger Stoßfugen einer Mauer in eine lothrechte Ebene fallen.

2) Im Inneren der Mauer sind wo möglich nur Binder zu verwenden, damit der Tiefe nach eine Ueberbindung der Steine um ½ Steinlänge (1 Steinbreite) sich ergiebt.

20) Die Bezeichnung Quartier wird auch noch für kleinere Stücke verwendet.

21) Ein Längsquartier wird häufig auch Kopfstück benannt; doch dürfte es zweckmäßig sein, diese Bezeichnung zu vermeiden, da dieselbe auch für die Zweiquartiere zur Verwendung kommt.

3) Eine Mauer mufs möglichft viele ganze Steine enthalten; Steintheile dürfen nur zur Einrichtung der Verbandordnung Verwendung finden.

Die Lehre von den Steinverbänden ift am meiften in Deutfchland ausgebildet worden; in England und Frankreich finden fich zwar diefelben Verbände; man fcheint aber in diefen Ländern nicht denfelben Werth auf eine theoretifch richtige Durchbildung derfelben zu legen, als dies in unferen Lehrbüchern meift gefchieht. In der praktifchen Anwendung werden aber häufig genug auch bei uns die Regeln aufser Acht gelaffen.

1) Arten des Backfteinverbandes.

24. Aeufsere Erfcheinung.

Wenn auch die Anwendung der verfchiedenen Verbände zum Theile von der Mauerftärke abhängig ift und bei Verwendung eines und deffelben Verbandes für verfchiedene Mauerftärken fich befondere Regeln aufftellen laffen, fo bieten diefelben doch fchon in der äufseren Anficht der mit ihnen hergeftellten Mauern charakteriftifche Eigenthümlichkeiten, die in der verfchiedenen Anordnung der Binder und Läufer in den Schichten und in der Anordnung der Schichten zu einander fich erkennen laffen. Hiernach follen die verfchiedenen Verbände zunächft überfichtlich zufammengeftellt werden.

Eine maffive Mauer zeigt äufserlich:

α) Nur Läufer in allen Schichten (Fig. 9[22]) — Schornfteinverband; derfelbe wird nur verwendet bei 1/2 Stein ftarken Mauern; man könnte ihn auch Läuferverband nennen.

β) Nur Binderköpfe in allen Schichten (Fig. 10). Es wird diefer Verband mitunter Kopfverband oder Streckerverband genannt; da aber die Bezeichnungen Kopf und Strecker (fiehe Art. 19 u. 22) in verfchiedenem Sinne verwendet werden, fo ift es vielleicht beffer, den (allerdings etwas fonderbar klingenden) Namen Binderverband zu gebrauchen.

γ) Periodifcher Wechfel von Läufer- und Binderfchichten:

𝔄) regelmäfsiger Wechfel:

𝔞) die Läufer immer lothrecht über einander (Fig. 11) — Blockverband;

𝔟) die Läufer in einer Schicht um die andere um 1/2 Steinlänge verfchoben (Fig. 12) — Kreuzverband;

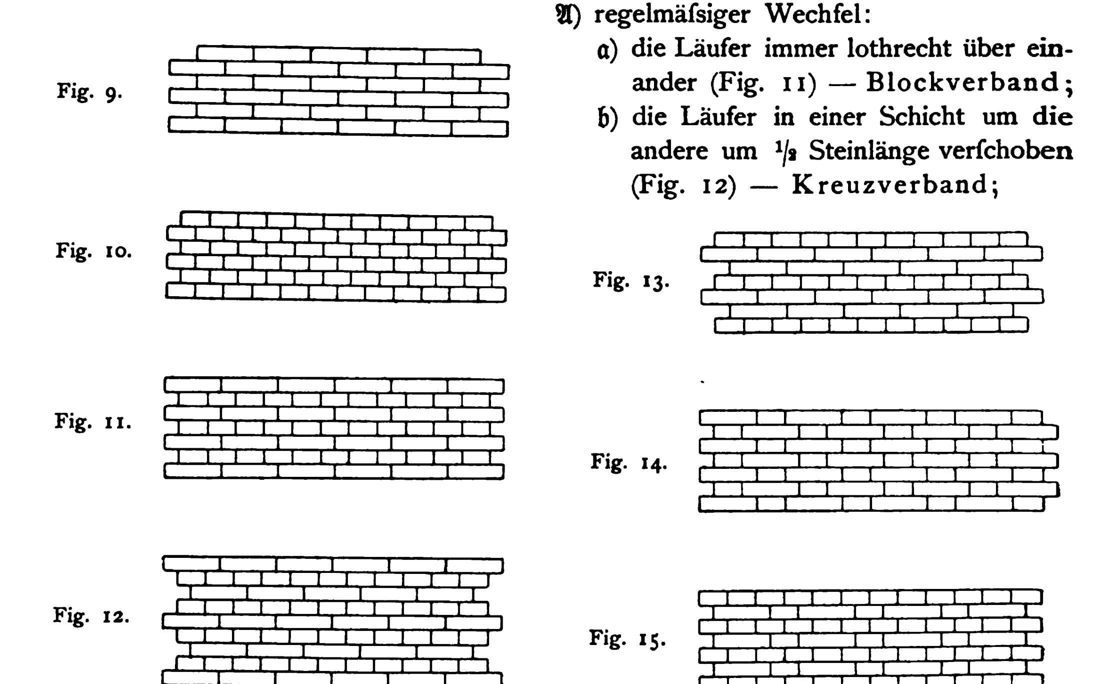


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.

[22]) Sämmtliche Backfteinverbände find im Mafsftabe $1^{m} = 3^{cm}$ dargeftellt.

𝔅) auf 1 Binderfchicht 2, 3 oder mehr Läuferfchichten folgend (Fig. 13) — englifcher Verband. Nach *Rankine* wird der in Fig. 13 dargeftellte Verband, bei dem auf 1 Binderfchicht 2 Läuferfchichten folgen, in England für gewöhnliche Fälle als der befte gehalten.

δ) Läufer und Binder in allen Schichten (Fig. 14) — polnifcher oder gothifcher Verband (in England flämifcher Verband genannt).

ε) Binderfchichten wechfeln mit Schichten, in welchen Läufer und Binder vorkommen (Fig. 15) — holländifcher Verband.

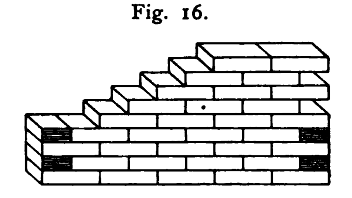
Bei allen diefen Verbänden liegen die Steine normal zur Mauerflucht. Für fehr ftarke Mauern würde noch ein Verband hier anzuführen fein, der äufserlich das Block- oder Kreuzverbandmufter zeigt, im Inneren aber fich kreuzende Schräglagen von Steinen aufweist. Es ift dies der fog. Strom- oder Feftungs-Verband. Aufserdem ift noch der figurirte Verband zu erwähnen, deffen Anordnung fehr verfchieden fein kann und mehr mit Rückficht auf Decoration, als richtige Conftruction getroffen wird.

Wir übergehen nun zur Befprechung der einzelnen Verbände für verfchiedene Mauerftärken und der lothrechten Endigungen der Mauern.

25.
Läuferverband.

Beim Läufer- oder Schornfteinverband ergiebt die Steinbreite die Mauerdicke, und der regelrechte Verband ift einfach durch Verfchiebung der Steine in einer Schicht um die andere um $^1/_2$ Steinlänge zu erzielen. In jeder Schicht find nur Läufer vorhanden, die einander um das gröfstmögliche Stück, nämlich um $^1/_2$ Steinlänge überbinden. Die lothrechte Endigung der Mauer befchafft man in einfachfter Weife durch Anordnung von Zweiquartieren an einem Ende derfelben, und wenn die Länge der Mauer einer Anzahl von ganzen Steinlängen entfpricht, an allen beiden Enden in der zweiten, vierten, fechsten etc. Schicht (Fig. 16). Durch die Zweiquartiere wird der Verband eingerichtet. Ift die Länge der Mauer gleich einer Anzahl ganzer Steine plus einem halben, fo kommen die Zweiquartiere an den Enden in verfchiedene Schichten zu liegen, während bei Mauerlängen, die eine Anzahl ganzer Steine plus $^1/_4$ oder $^3/_4$ Steinlänge meffen, zur Endigung derfelben auf einer Seite abwechfelnd Quartiere und Dreiquartiere erforderlich werden.

Fig. 16.



Die unvollendete Endigung der Mauer auf der rechten Seite in Fig. 16 nennt man eine Verzahnung, die auf der linken Seite eine Abtreppung.

26.
Binderverband.

Fig. 18 zeigt die Anwendung des Binderverbandes auf eine 1 Stein ftarke Mauer, die üblichfte Anwendung deffelben. Alle Stofsfugen laufen durch die Mauer hindurch, die nur aus ganzen Steinen gebildet wird, die aber alle nur um $^1/_4$ Steinlänge fich überbinden, worin die Schwäche diefes Verbandes liegt. Auf der linken Seite der Figur find Abtreppung und Verzahnung erfichtlich, während die rechte Seite den lothrechten Abfchlufs der Mauer zeigt mit Zuhilfenahme von 2 als Läufer

Fig. 17.

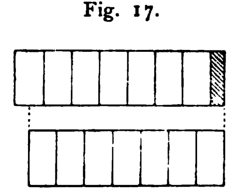


Fig. 18.

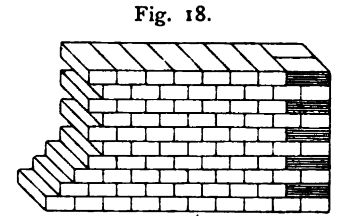
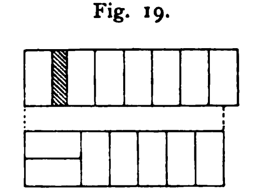


Fig. 19.



angeordneten Dreiquartieren in einer Schicht um die andere. Es iſt dieſe Anordnung von Dreiquartieren jedenfalls beſſer, als die Verwendung der zerbrechlichen Längsquartiere zu demſelben Zwecke, die auf zweierlei Weiſe erfolgen kann, wie Fig. 17 u. 19 ausweiſen. Die Längsquartiere werden entweder an das Ende jeder Schicht gelegt, wo aber dieſe langen und ſchmalen Stücke leicht aus der Mauer herausgeſtoſsen werden können, oder ſie werden beſſer hinter die erſten Binder gelegt, wobei dann in der folgenden Schicht zwei ganze Steine als Läufer erforderlich werden. Die Längsquartiere werden von den Maurern gern durch kleine Bruchſtückchen erſetzt, was zu Ungunſten derſelben hier noch anzuführen iſt. Da nun die Anwendung der Dreiquartiere, als der gröſseren Stücke, auſserdem der Verwendung der Längsquartiere auf Grund der allgemeinen Geſetze für die Verbände vorzuziehen iſt, ſo ſoll künftighin von der letzteren nur noch ausnahmsweiſe die Rede ſein.

Für fortificatoriſche Zwecke kommt vorſchriftsmäſsig der Binderverband auch bei ſtärkeren Mauern hie und da zur Anwendung (Fig. 20), jedenfalls in dem Gedanken, daſs eine Mauer dem feindlichen Feuer gröſseren und längeren Widerſtand entgegenſetzen werde, wenn die Front aus möglichſt viel groſsen Stücken zuſammengeſetzt ſei, daſs die einzelnen Steine dem auftreffenden Geſchoſs beſſer die kurze Seite, als die lange bieten und daſs bei einer ſolchen Anordnung, in Folge der kurzen Ueberbindung der Steine nach der Seite hin, die Wirkung des Schuſſes auf möglichſt kurze Strecken eingeſchränkt werde. Will man dieſe Vortheile ganz erreichen, ſo dürfen in der Front zur Herſtellung des Verbandes mit dem Inneren der Mauer nur Dreiquartiere zur Verwendung gelangen (Fig. 21), aber nicht Zweiquartiere (Fig. 22), wie dies in Verkennung der der Vorſchrift zu Grunde liegenden Abſicht mitunter geſchehen ſoll[23]).

Fig. 20.



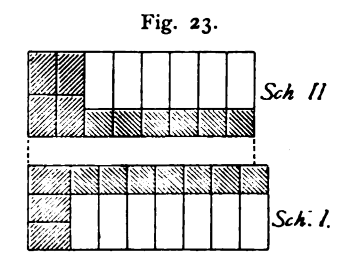
Fig. 21.

Fig. 22.

Auf die Verwendung dieſes Verbandes zur Verblendung von Mauern kommen wir in der Abth. III, Abſchn. 1, A zu ſprechen. Er iſt für den Backſtein-Rohbau von beſonderer Wichtigkeit. Doch verdient dieſer Verband wegen ſeiner Einfachheit und Bequemlichkeit auch ſonſt in geeigneten Fällen, namentlich bei im Ziegelbau ungeübten Maurern, öftere Verwendung.

Stärkere als 1 Stein dicke Mauern (für den gewöhnlichen Hochbau) können allerdings nur mit Hilfe von Zweiquartieren (als Beiſpiel iſt der Verband für eine $1^1/_2$ Stein ſtarke Mauer in Fig. 23 beigefügt) hergeſtellt werden, die entweder durch Halbirung der ganzen Steine oder durch beſondere Beſtellung in den Ziegeleien zu beſchaffen ſind. In dieſer Nothwendigkeit, halbe Steine verwenden zu müſſen, liegt der Grund dafür, warum dieſer Verband für ſtärkere Mauern nicht oft zur Verwendung gelangt. Es liegt ſehr nahe, zwei neben einander liegende halbe Steine durch einen ganzen zu erſetzen, und man wird ſo ganz von ſelbſt auf den Block- und den Kreuzverband geführt, die ſich nur äuſserlich vom Binderverband unterſcheiden.

Fig. 23.



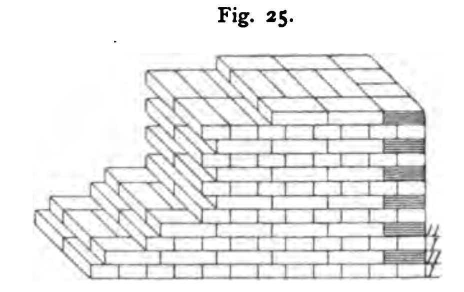
27.
Blockverband.

Der Blockverband kann für die verſchiedenſten Mauerſtärken verwendet werden. Es folgt bei ihm auf eine Binderſchicht immer eine Läuferſchicht, deren Stoſsfugen gegen die der erſteren um $^1/_4$ Steinlänge verſchoben ſind. Die Stoſsfugen der Läuferſchichten liegen lothrecht über einander. In Fig. 24 iſt eine 1 Stein ſtarke Mauer im Blockverband dargeſtellt, links mit Abtreppung und Verzahnung, rechts mit der lothrechten Endigung.

[23]) Siehe: HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1872, S. 131.

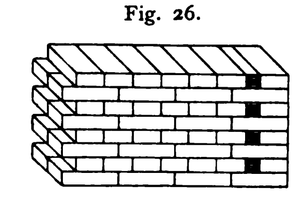
Fig. 24.

Fig. 25.



Die Abtreppung zeigt ungleich breite Stufen, wechfelnd in den Breiten von $^1/_4$ Stein und $^3/_4$ Stein. Die Verzahnung zeigt gleichmäfsig $^1/_4$ Stein tiefe Lücken.

Fig. 26.



Die lothrechte Endigung ift durch Einlegen von 2 Dreiquartieren an den Enden der Läuferfchichten erzielt (Fig. 27); das Anfichtsmufter ift fchraffirt angegeben. Die lothrechte Endigung kann auch durch Einlegen von Längsquartieren hinter den erften Bindern der Binderfchichten hergeftellt werden (Fig. 26). Die Verwendung von Dreiquartieren ift aber aus den früher angegebenen Gründen vorzuziehen.

Bei der 2 Stein ftarken Mauer (Fig. 25 u. 28) find beide Aufsenfeiten gleich denen der 1 Stein ftarken Mauer gebildet. In den Binderfchichten liegen zwei Reihen Binder hinter einander und bilden fo die Mauerdicke; die Stofsfugen der Binder treffen auf einander; fie gehen in einer Linie durch die Mauer hindurch: fie fchneiden fich. In den Läuferfchichten liegen nur Läufer an den Aufsenfeiten der Mauer; der Zwifchenraum zwifchen denfelben wird durch eine Reihe Binder ausgefüllt, die fo gelegt find, dafs die im Mauerhaupt fichtbar werdenden Stofsfugen auch in diefer Schicht durch die Mauer hindurchgehen und die Binder diefer Schicht gegen die der vorhergehenden um $^1/_4$ Steinlänge verfchoben find.

Fig. 27.

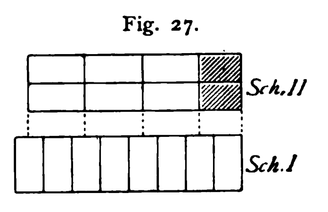
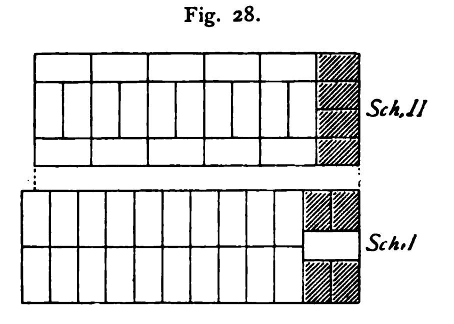
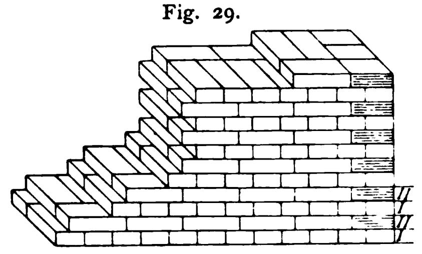


Fig. 28.



Die lothrechte Endigung der Mauer wird fo hergeftellt, dafs in den Läuferfchichten vier Dreiquartiere hinter einander liegen, in diefer Weife die Mauerdicke ergeben und den Verband einrichten. In den Binderfchichten find die erften beiden Binder jeder Seite nicht ganze Steine, fondern Dreiquartiere, zwifchen denen dann ein ganzer Stein den Reft der Mauerdicke ausfüllt, fo dafs auch an diefer Stelle keine Stofsfuge lothrecht durch mehrere Schichten durchgeht.

Fig. 29.



In ganz ähnlicher Weife geftaltet fich der Blockverband für die 3 Stein, 4 Stein etc. ftarken Mauern oder für alle diejenigen, deren Dicke einer Anzahl von ganzen Steinen oder einer geraden Anzahl von Steinbreiten entfpricht. Alle in den Aufsenfeiten fichtbaren Stofsfugen gehen durch die Mauer hindurch; in den Binderfchichten liegen fo viele Binder hinter einander, als die Mauerdicke verlangt, und im Inneren der Läuferfchichten eben fo viele Binder weniger

einem. Die lothrechte Mauerendigung wird dadurch erzielt, dafs am Ende der Läuferfchichten fo viele Dreiquartiere, als die Mauerdicke Steinbreiten enthält, hinter einander als Läufer zu liegen kommen und an den Enden der Binderfchichten auf jeder Seite der Mauer ein Dreiquartier-Binderpaar und zwifchen diefen im Inneren fo viele ganze Steine wie dazwifchen gehen.

Bei den Mauern, die zur Dicke eine ungerade Zahl von Steinbreiten haben, alfo bei 1½, 2½, 3½ etc. Stein ftarken Mauern, ändert fich der Blockverband in der Weife, dafs nicht eigentliche Binder- und Läuferfchichten mit einander abwechfeln, fondern dafs alle Schichten einander gleich find und fämmtlich Läuferreihen enthalten, nur diefe regelmäfsig abwechfelnd auf entgegengefetzten Seiten der Mauer. Blofs die in den Läuferreihen fichtbar werdenden Stofsfugen gehen durch die ganze Mauerdicke hindurch. Es fchneiden fich alfo nicht alle Fugen. Fig. 29 giebt als Beifpiel eine 1½ Stein ftarke Mauer.

Fig. 30.

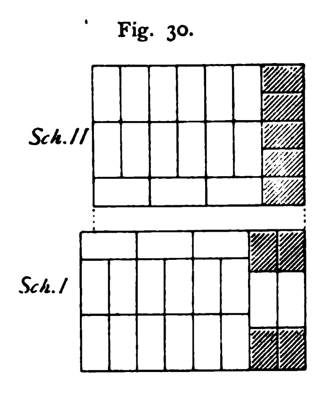
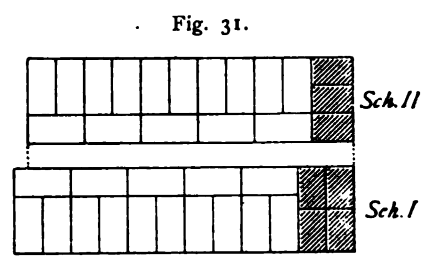


Fig. 31.



Ganz eben fo werden die ftärkeren Mauern gebildet, nur dafs einer Läuferbreite genügend viele hinter einander liegende Binderreihen hinzuzufügen find.

Die lothrechte Endigung der 1½ Stein ftarken Mauer ift in Fig. 31 dargeftellt. In der Schicht *I* geben zwei hinter einander liegende Dreiquartier-Binderpaare die Mauerftärke, in der Schicht *II* drei als Läufer hinter einander liegende Dreiquartiere.

Ganz ähnlich ift es bei den ftärkeren Mauern, wie das Beifpiel einer 2½ Stein ftarken Mauer (Fig. 30) zeigt. In den Schichten *I* treten zwifchen die Dreiquartier-Binderpaare genügend viele Binderpaare von ganzen Steinen; die Schichten *II* zeigen dagegen fo viele Dreiquartiere, als die Mauer Steinbreiten zur Dicke hat, hinter einander als Läufer. Es gelten alfo für die lothrechte Endigung der Mauern von einer Dicke, die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entfpricht, genau diefelben Regeln wie für Mauern, die eine gerade Zahl von Steinbreiten zur Dicke haben.

Fig. 32.

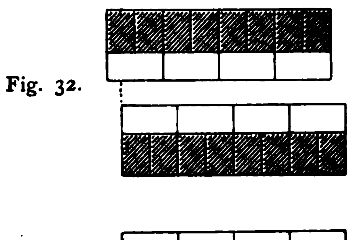
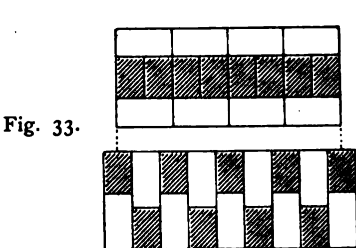


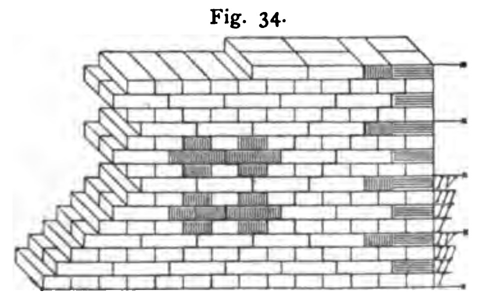
Fig. 33.



Hat man geformte Dreiquartiere zur Verfügung, fo laffen fich mit deren Hilfe, wie fchon früher angeführt worden, auch 1¼, 1¾ Stein ftarke Mauern herftellen. Neben ftehend werden in Fig. 32 u. 33[24]) zwei dergleichen Beifpiele gegeben; die Mauerenden laffen fich für diefe Mauerftärken nicht ganz correct herftellen.

28.
Kreuzverband.

Fig. 34.



Beim Kreuzverband wechfeln, wie beim Blockverband, regelmäfsig Läuferfchichten und Binderfchichten mit einander ab, deren Stofsfugen gegenfeitig um ¼ Steinlängen verfchoben find; aufserdem find aber die Läuferreihen abwechfelnd um ½ Steinlänge gegen einander verfchoben, fo dafs die Stofs-

[24]) Nach: Gottgetreu, R. Lehrbuch der Hochbau-Conftructionen. I. Theil. Berlin 1880. S. 48.

Fig. 35.

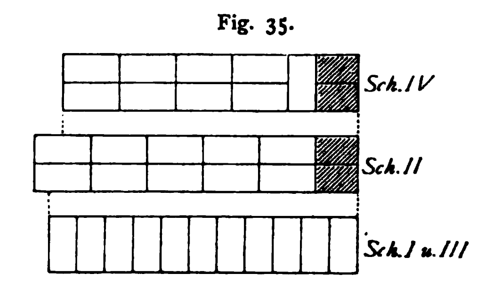


Fig. 36.

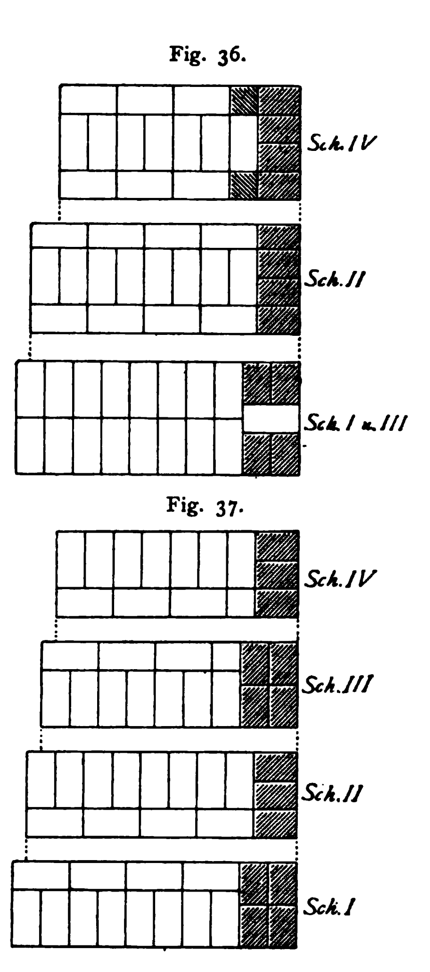


Fig. 37.

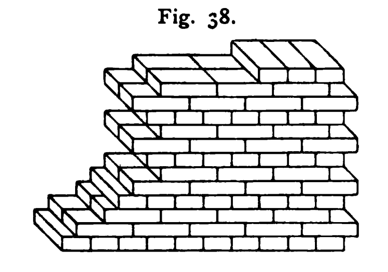
fugen einer Läuferreihe auf die Mitten der Läufer der nächft darauf folgenden und nächft darunter liegenden Läuferfchicht treffen (fiehe die 1 Stein ftarke Mauer in Fig. 34 u. 35). Es wird dies erreicht durch Einfchaltung eines Binders bei der 1 Stein ftarken Mauer vor dem Ende der vierten Schicht (natürlich einer Läuferfchicht). Zur Anlage des Kreuzverbandes einer 1 Stein ftarken Mauer find alfo immer drei verfchiedene Schichten nothwendig; die Binderfchichten *I* und *III* find immer einander gleich; die Läuferfchichten *II* und *IV* wechfeln regelmäfsig mit einander ab. Sonft ift die Anlage der Schichten und der Endabfchlufs, wie beim Blockverband.

Als äufsere Merkmale des Kreuzverbandes ergeben fich die ifolirten Kreuze des Verbandmufters (durch Schraffirung in Fig. 34 angedeutet), ferner die gleichmäfsige Abtreppung (beim Blockverband in ungleichen Stufen) und doppelt abgeftufte Lücken in der Verzahnung (beim Blockverband einfach abgeftufte Lücken). Die Abtreppung läfft fich fo viele Male nach beiden Richtungen in der Maueranficht zeichnen, als ganze Läufer in einer Schicht liegen.

Auch bei den ftärkeren Mauern, deren Dicke einer geraden Anzahl von Steinbreiten entfpricht, ift die Verbandanlage der erften drei Schichten genau wie beim Blockverband; nur jede vierte Schicht zeigt die Einfchaltung von Zweiquartieren in den Läuferreihen vor den am Ende liegenden Dreiquartieren, um das Kreuzverbandmufter herzuftellen. Als Beifpiel find in Fig. 36 die zur Herftellung einer 2 Stein ftarken Mauer nothwendigen Schichten gegeben.

Etwas anders ift es bei den Mauern, die in ihrer Dicke eine ungerade Anzahl von Steinbreiten enthalten. Bei diefen find nur die erften beiden Schichten gleich denen des Blockverbandes; die beiden folgenden enthalten in den Läuferreihen ein Zweiquartier vor den Dreiquartieren am Ende der Mauer. Dann beginnt der Turnus von Neuem. Es find alfo in diefen Fällen (als Beifpiel ift in Fig. 37 eine $1\frac{1}{2}$ Stein ftarke Mauer gegeben) vier verfchiedene Schichten nothwendig, und zwar damit das Kreuzverbandmufter auf beiden Seiten der Mauer fich ergiebt.

Fig. 38.



29. Englifcher Verband.

Nach *Rankine* befteht der englifche Verband darin, dafs man periodifch ganze Schichten von Läufern und Bindern legt. Er begreift alfo den Block- und Kreuzverband in fich, bei welchen der Wechfel regelmäfsig in einer Schicht um die andere erfolgt. Manchmal kommt er aber auch fo vor, dafs auf eine Binderfchicht mehrere Läuferfchichten folgen. Fig. 38 zeigt eine 1 Stein ftarke Mauer, bei welcher nach

einer Binderschicht zwei Läuferschichten kommen. Es läfst dieses Beispiel, wie alle ähnlichen, eine Abweichung von der bei allen regelrechten Ziegelverbänden zu befolgenden Regel erkennen, dafs in über einander liegenden Schichten keine Stofsfugen auf einander fallen dürfen. Hier treffen die gedeckten Stofsfugen der Läuferschichten in der ganzen Länge der Mauer auf einander.

30.
Polnischer Verband.

Der polnische oder gothische Verband charakterisirt sich dadurch, dafs in allen Schichten Läufer und Binder im Mauerhaupt sichtbar werden. In Fig. 39 u. 40 sind Beispiele von 1 Stein und 1 1/2 Stein starken Mauern gegeben. Wie aus denselben hervorgeht, leidet dieser Verband an demselben Fehler, wie der eben vorher beschriebene englische. Es treffen nämlich die gedeckten Stofsfugen in den über

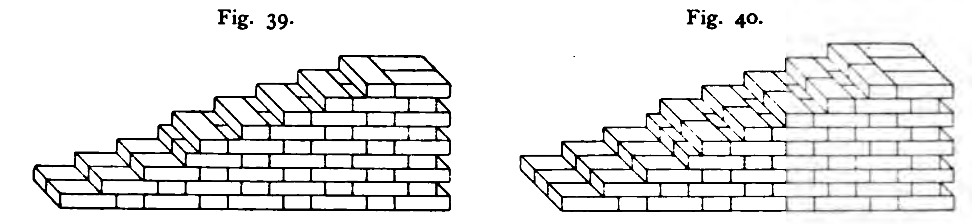


Fig. 39. Fig. 40.

einander liegenden Schichten, hier allerdings nur theilweise, dafür aber in der ganzen Höhe der Mauer durchgehend, auf einander. Bei der 1 1/2 Stein starken Mauer kommt noch hinzu, dafs die Binder aus zwei hinter einander liegenden Dreiquartieren bestehen, die also die unter ihnen liegenden Läufer nur um 1/4 Steinlänge überbinden, während beim Block- und Kreuzverband der Tiefe der Mauer nach immer um eine halbe Steinlänge überbunden wird. Die Verwendung von so vielen Dreiquartieren widerspricht auch dem Grundsatze, dafs möglichst viele ganze Steine zum Mauerverband benutzt werden sollen. Hat man nicht geformte Dreiquartiere, so wird durch den starken Verhau die Ausführung auch kostspielig. Man sieht hiernach, dafs dieser Verband für massive Backsteinmauern nicht empfohlen werden kann; dagegen wird sich später ergeben, dafs er bei Verblendungen und hohlen Mauern recht wohl verwendbar ist. Er wird dann aber häufig dahin verändert, dafs zwischen die Binder mehrere Läufer gelegt werden.

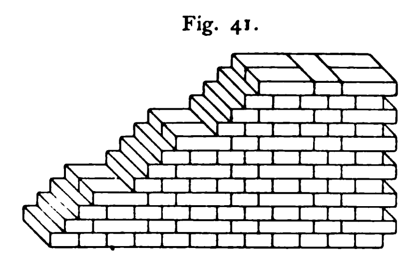
In England, wo dieser Verband den Namen **flämischer Verband** führt, wird er des hübschen Musters wegen häufig zur Anwendung gebracht.

Die Verzahnung ist bei diesem Verband dieselbe, wie beim Kreuzverband, nämlich gleichmäfsig mit 1/4 Stein tiefen Lücken; die Abtreppung ist ebenfalls gleichmäfsig, aber mit 3/4 Stein breiten Stufen.

31.
Holländischer Verband.

Beim holländischen Verband wechseln Binderschichten mit Schichten ab, in welchen Läufer und Binder zur Ansicht kommen. Dadurch wird der Fehler des polnischen Verbandes (Aufeinandertreffen von Stofsfugen) vermieden, wie dies die in Fig. 41 dargestellte 1 Stein starke Mauer zeigt. Bei der 1 1/2 Stein starken Mauer wird aber der Verbrauch an Dreiquartieren noch bedeutender, als beim polnischen Verband.

Fig. 41.



Die Verzahnung ist gleichmäfsig mit einfachen 1/4 Stein tiefen Lücken, die Abtreppung zeigt den rhytmischen Wechsel von drei auf einander folgenden 1/4 Stein breiten Stufen mit einer 3/4 Stein breiten.

32.
Stromverband.

Der sog. Strom- oder Festungsverband ist nur für sehr starke Mauern anwendbar, wie deren im eigentlichen Hochbau, aufser bei Fundamenten, selten vorkommen. Er gelangt besonders beim Wasser- und Festungsbau zur Verwendung, auch für Stütz-

mauern, und ift in dem Beftreben erfunden worden, eine möglichft grofse Verwechfelung oder verfchiedenartige Lage der Stofsfugen innerhalb des Mauerkörpers zu erhalten. Zu diefem Zwecke hat man auf zwei gewöhnliche Schichten des Kreuz- oder Blockverbandes mehrere Schichten von fich kreuzenden Schräglagen (Stromlagen, Schmieglagen, Kreuzlagen, Diagonalfchichten) folgen laffen, nach einigen Schriftftellern vier dergleichen, beffer wohl aber nur zwei, weil dann eine Wiederkehr derfelben Stofsfugenanordnung nur alle vier Schichten ftattfindet (Fig. 42). Die Schräglagen bilden mit den Mauerfronten Winkel von 45 Grad oder beffer 60 Grad; äufserlich find fie mit dem Block- oder Kreuzverband zugehörigen Steinreihen verkleidet. Der Anfchlufs an die letzteren erfolgt mit fpitzwinkeligen Stücken, die wohl zweckmäfsiger Weife als Formfteine (nach *Heufinger v. Waldegg* Klampfteine genannt) bezogen werden.

Fig. 42.

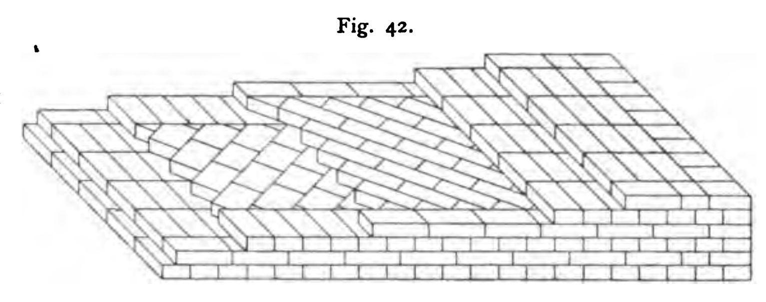
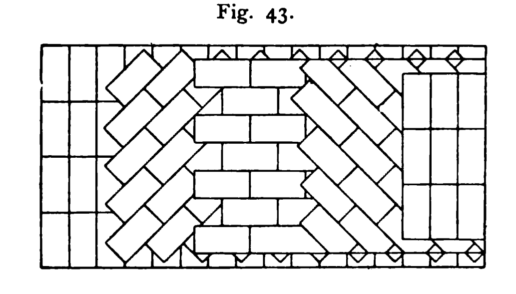


Fig. 43.



Für abgetreppte Fundamente in diefem Verbande kann man der Verkleidungsfchichten und der Vollendung der Schrägfchichten mit Formfteinen entbehren. Es folgt auf eine gerade Schicht nur eine Schrägfchicht (Fig. 43), dann wieder eine gerade Schicht und auf diefe eine Schrägfchicht in einer der erften entgegengefetzten Richtung. Die geraden Schichten werden immer um eine halbe Steinlänge fchmaler [25]. Sie können abwechfelnd aus lauter Bindern oder aus lauter Läufern zufammengefetzt werden.

33. Figurirter Verband.

Die figurirten Verbände werden gewählt, um mit ihnen Wandflächen zu decoriren. Es kann dies entweder fo gefchehen, dafs man:

α) die befchriebenen oder annähernd nach den Regeln derfelben gebildeten Verbände nach ihrem Mufter oder fich aus denfelben ergebenden Motiven in verfchiedenfarbigen Steinen ausführt, oder dafs man

β) beliebige neue Mufter erfindet, deren Fugenlinien decorativ wirken follen, oder dafs man

γ) beide Methoden verbindet.

Die Ausführungsweifen unter β geben häufig beim Aufgeben der horizontalen Schichtung Anordnungen, die fich, fobald man ftärkere Mauern haben will, fchwer mit einer Hintermauerung verbinden laffen und die fich daher mehr nur zu fchwachen Ausmauerungen von Fachwerken eignen.

Zu den in figurirten Verbänden ausgeführten Mauern gehören auch die durchbrochenen.

Da die figurirten Verbände fich in aufserordentlicher Mannigfaltigkeit bilden laffen und diefelben mehr dem Gebiete der Formenlehre angehören, fo würde hier

[25]) Siehe: MÜLLER, H. Die Maurerkunft. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 87.

das Vorführen von Beifpielen nicht angebracht fein. Es dürfte genügen, unten[26]) auf einige hauptfächlich in Betracht kommenden Werke zu verweifen.

34. Vergleich der verfchiedenen Verbände.

Vergleichen wir die Verbände mit Rückficht auf den im 1. Kapitel aufgeftellten erften Hauptgrundfatz für alle Steinverbände: dafs nämlich in zwei auf einander folgenden Schichten keine Stofsflächen auf einander treffen dürfen, fo ergiebt fich, dafs alle Verbände mit Ausnahme des als englifchen bezeichneten und des polnifchen oder gothifchen Verbandes diefem Grundfatze genügen, alfo in diefer Beziehung gleichwerthig find. Anders verhält es fich, wenn wir den zweiten Grundfatz: dafs ein Verband um fo fefter fein wird, je weniger Stofsflächen innerhalb der Ausdehnung eines Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen, mit zum Vergleiche heranziehen. In Folge der verfchiedenen Anordnungen werden fich die Verbände für die verfchiedenen möglichen Druckrichtungen verfchieden fchätzen laffen. Die Hauptdruckrichtungen können entweder in eine zur Mauerflucht parallele oder in eine zu derfelben fenkrechte, auf den Lagerfugenflächen normal ftehende Ebene fallen. Fälle, bei denen die Drücke in fchräg zur Mauerrichtung ftehenden Ebenen liegen, laffen fich durch Kräftezerlegung auf jene beiden anderen Fälle zurückführen. Da wir hier nur die gewöhnliche horizontale Lagerung der Schichten in Betracht ziehen wollen, fo find jene Druckrichtungsebenen lothrechte. Die lothrechte Richtung des Druckes gehört beiden Druckrichtungsebenen gemeinfchaftlich an; fie hat uns daher zunächft zu intereffiren.

Aus der Betrachtung der Verbände ergiebt fich, dafs für die lothrechte Druckrichtung der vortheilhaftefte Verband der Strom- oder Feftungsverband und nach diefem der Kreuzverband fein mufs, weil bei diefen die Lage der Stofsfugen am meiften wechfelt. Der erftere kann für Hochbauten zu felten in Anwendung kommen, fo dafs alfo für diefen Fall der Kreuzverband obenan fteht. Ihm gleich kommen würde der englifche Verband, wenn er nicht den fchon befprochenen, hier gerade fehr wefentlichen Fehler hätte.

Drücke, die in der Längen- oder Querrichtung auf ein Mauerwerk wirken, werden die Zugfeftigkeit der Schichten in Anfpruch nehmen. Diefe ift um fo gröfser, je weniger Stofsfugen die Druckrichtung durchfchneidet, d. h. je mehr Steine mit ihrer Längendimenfion in der Druckrichtung liegen. Für Drücke in der Längenrichtung wird demnach als der ungünftigfte Verband der Binderverband zu bezeichnen fein. Blockverband und Kreuzverband haben gleich viele Läufer in der Längenrichtung, werden alfo als gleich feft angefehen werden müffen. Betrachten wir indefs diefe beiden Verbände etwas näher, und zwar in Beziehung auf die Geftaltung der möglichen Trennungsflächen, fo erweist fich für diefen Fall der Druckrichtung der Blockverband etwas günftiger, weil in Folge der ihm eigenthümlichen ungleichförmigen Abtreppung die Trennungsfläche verhältnifsmäfsig mehr Ausdehnung erhält, fonach bei ihm mehr Reibung überwunden werden mufs, als beim Kreuzverband mit feiner gleichförmigen Abtreppung (fiehe Fig. 44 u. 45). Vorausgefetzt wird hierbei natürlich immer, dafs der Ziegel fefter, als die Mörtelfuge ift, wie ja überhaupt bei der Feftftellung einer

---

[26]) Fleischinger, A. F. u. W. A. Becker. Syftematifche Darftellung der im Gebiete der Landbaukunft vorkommenden Conftructionen etc. I. Abth. Die Mauerwerks- oder Stein-Conftructionen. Berlin 1859.

Adler, F. Mittelalterliche Backfteinbauwerke des preufsifchen Staates. Berlin 1859.

Gruner, L. *Terracotta architecture of North Italy* (12.—16. cent.). London 1867.

Degen, L. Der Ziegelrohbau. München 1859—65.

Bethke, H. Decorativer Ziegelbau ohne Mörtelputz. Stuttgart 1877.

Chabat, P. *La brique et la terre cuite.* Paris 1881.

Lacroux, J. *La brique ordinaire.* Paris 1883—84.

relativ beften Verbandanordnung die Verbindung durch den Mörtel nicht zu berückfichtigen ift.

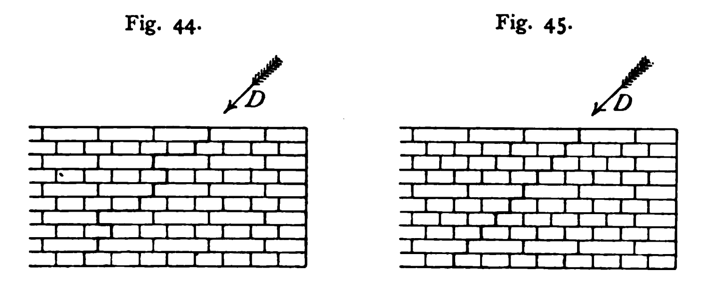
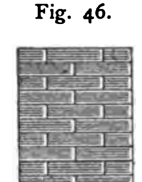


Fig. 44. Fig. 45.

Einem Druck, deffen Richtungsebene normal zur Mauerrichtung fteht, der alfo die Querfeftigkeit der Mauer beanfprucht, wird dagegen der Binderverband den meiften Widerftand entgegenfetzen. Blockverband und Kreuzverband find für diefen Fall ganz gleichwerthig, weil der Mauerquerfchnitt bei beiden ganz gleich geftaltet ift (fiehe Fig. 46, Querfchnitt einer 2 Stein ftarken Mauer in Block- oder Kreuzverband). Sie ftehen auch dem Binderverband nicht viel nach, und bei ftärkeren Mauern wird diefer Unterfchied verfchwindend klein, weil nach ihnen das Innere der Mauer ja auch, wie beim Binderverband, aus lauter Bindern befteht.


Fig. 46.

Nach *Rankine*[27]) follte die Anzahl von Läufer- und Binderfchichten von der relativen Wichtigkeit der Längen- oder Querfeftigkeit abhängen. Nach ihm ift das Verhältnifs von einer Binderfchicht auf je zwei Läuferfchichten dasjenige, welches der Mauer gleiche Zugfeftigkeit in der Längen-, wie in der Querrichtung verleiht und welches fonach in gewöhnlichen Fällen als das befte angefehen werden kann. Er fagt weiter: »Bei einer Fabrikeffe ift Feftigkeit in der Längenrichtung, welche einer Kraft, die den Schornftein zu fpalten ftrebt, widerfteht, von gröfserer Wichtigkeit, als wie die Feftigkeit in der Querrichtung; defshalb ift es bei folchen Bauten räthlich, verhältnifsmäfsig mehr Läufer, alfo drei bis vier Läuferfchichten auf eine Binderfchicht anzuwenden.«

Jedenfalls wird bei einem derartigen Verband die Abweichung vom erften Hauptgrundfatz für alle Verbände fehr grofs. Weiter ift zu berückfichtigen, dafs die lothrechte Druckrichtung fchon durch das Eigengewicht des Materials, aufserdem aber durch Gebälke und deren Belaftungen, die bei Weitem häufigfte ift und diefe nicht blofs einen Verband in der Längenrichtung, fondern auch in der Querrichtung verlangt. Es wird daher für die gewöhnlichen Fälle dem Kreuzverband fein Vorzug gewahrt bleiben müffen. Der Vorzug des Kreuzverbandes vor dem Blockverband wird übrigens nur bei fchwächeren Mauern entfchieden zum Ausdruck gelangen, da bei ftärkeren Mauern der Unterfchied zwifchen beiden Verbänden nur in den $^1/_2$ Stein breiten Läuferreihen vorhanden ift, alfo nicht ftark in das Gewicht fallen kann.

Lothrechten Drücken auf eine Mauer gleich zu achten find Beanfpruchungen derfelben, die in Folge von ungleichen Senkungen des Fundamentes zu Stande kommen.

Drücke in der Längenrichtung der Mauer ergeben fich im Hochbau meift durch Ueberwölbung von Oeffnungen in derfelben, Drücke in der Querrichtung durch gegen diefelbe gefpannte Gewölbe und Bogen, für welche fpeciellen Fälle fich der Blockverband, bezw. der Binderverband als die günftigften Verbände herausftellten; der Kreuzverband fteht ihnen aber auch hier nicht viel nach. Da aber diefe Beanfpruchungen in der Regel combinirt mit der in lothrechter Richtung auftreten und für diefen häufigften Fall der Kreuzverband der günftigfte ift, fo erfcheint der Vorzug, der demfelben in der Regel vor den übrigen eingeräumt wird, als begründet.

Auf die Mauern können unter Umftänden auch Drücke in horizontalem Sinne oder parallel den Lagerfugenflächen einwirken. Da diefe immer durchgehen, fo find für diefen Fall alle Verbände gleichwerthig. Treten folche Drücke ifolirt auf, fo dafs durch diefelben nur einzelne Stellen betroffen werden, fo werden um fo weniger fchädliche Verrückungen eintreten, je mehr Verband innerhalb der einzelnen Schichten vorhanden ift, d. h. je weniger Stofsfugen durch die ganze Schicht hindurch laufen.

[27]) In: Handbuch der Bauingenieurkunft. Deutfch von F. KREUTER. Wien 1880. S. 431.

2) Zufammenftofs von Mauern unter rechtem Winkel.

35. Arten des Zufammenftofses.

Gefchloffene Räume ergeben fich durch den Zufammenftofs von Mauern. Diefer erfolgt meift unter rechtem Winkel und kann in der Weife ftattfinden, dafs zwei Mauern entweder eine Ecke bilden oder dafs eine Mauer auf die Flucht einer anderen trifft oder dafs fie fich durchkreuzen. Alle diefe Fälle laffen fich zurückführen auf die fchon befprochene Herftellung der lothrechten Endigung einer Mauer [28]), nur dafs hier der Abfchlufs der einzelnen Schichten abwechfelnd in der einen und der anderen Mauer aufzufuchen ift. Es follen die einzelnen Fälle für die verfchiedenen Mauerftärken für fich behandelt werden, aber nur für den Block- und den Kreuzverband und nur für Verwendung von Dreiquartieren zur Herftellung des Schichtenabfchluffes.

36. Mauerecke.

Befolgt man bei der Anlage von ganzen Mauerfyftemen die Regel, eine in derfelben Höhe durchlaufende Schicht in den parallel laufenden Mauern nur als Binderfchicht oder nur als Läuferfchicht auszuführen, fo ergiebt fich daraus, dafs an

Fig. 47. Fig. 48. Fig. 49.

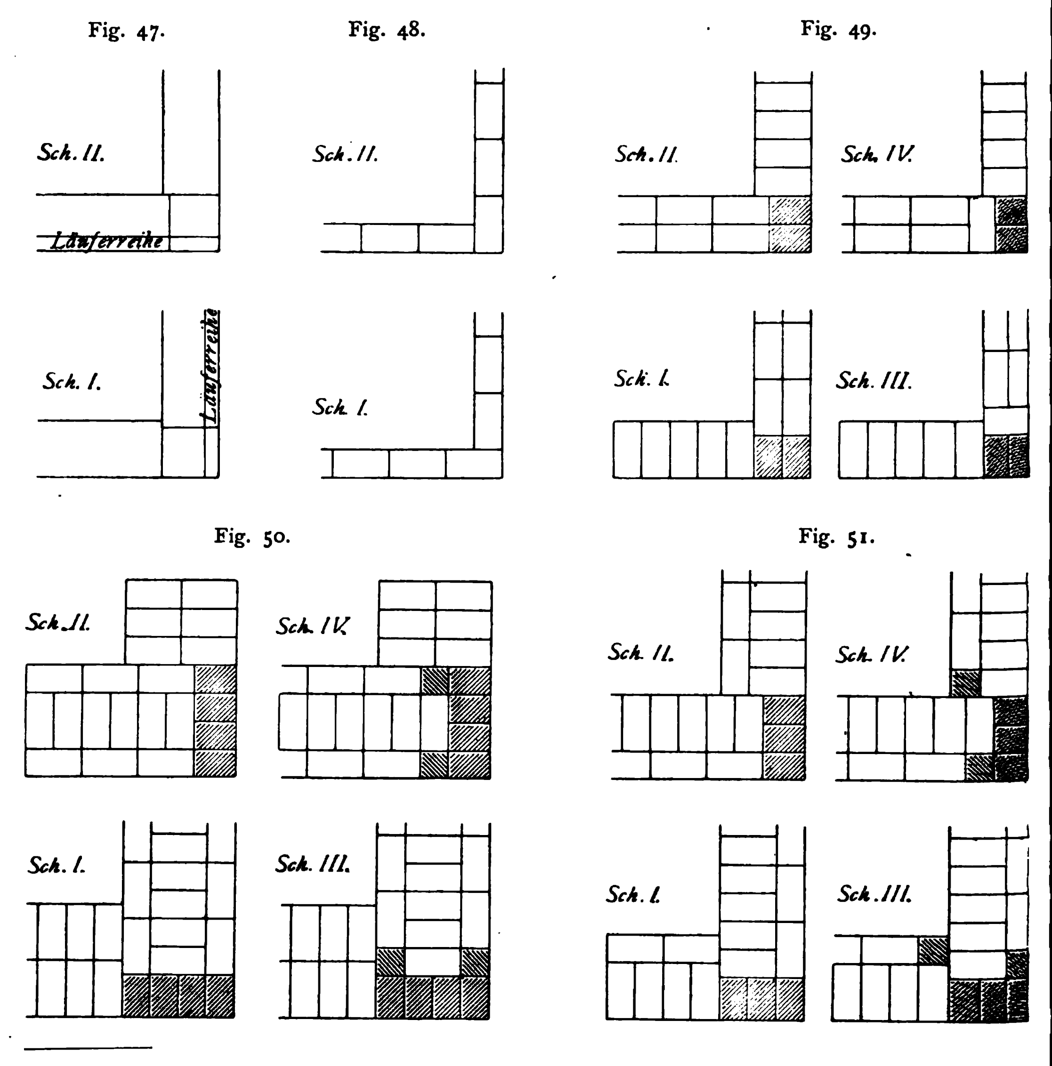
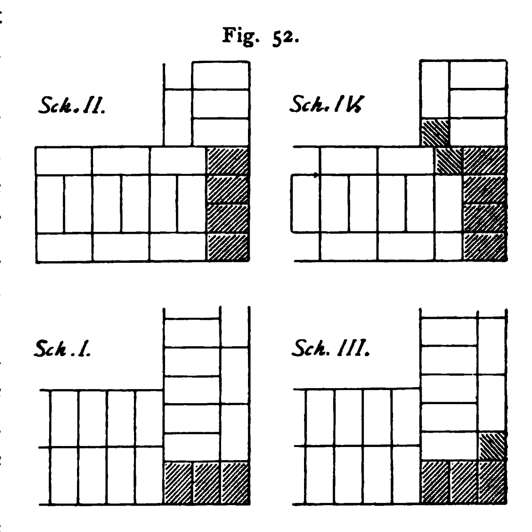


Fig. 50. Fig. 51.

[28]) Siehe Art. 25 bis 28 (S. 23 bis 27).

einer Ecke eine Binderſchicht mit einer Läuferſchicht zuſammentreffen muſs. Es gilt dies auch für Mauerſtärken, die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entſprechen, wenn man nur conſequent die Bezeichnung Läufer- oder Binderſchicht von einer Seite der Mauer ableitet. Die Herſtellung des Eckverbandes erfolgt dann in der Weiſe, daſs man immer die Läuferſchicht bis zur anderen Mauerflucht durchlaufen läſst (ſiehe das Schema in Fig. 47) und dort nach den Regeln abſchlieſst, wie ſie für die lothrechte Endigung der Mauern gegeben worden ſind, d. h. dort ſo viele Dreiquartiere als Läufer neben einander legt, als die betreffende Mauer Steinbreiten zur Dicke hat. Es erſcheinen dieſe dann als Binder in der anderen Mauerflucht. Eine Ausnahme macht nur die Ecke von ½ Stein ſtarken Mauern, bei welcher die Schichten durch ganze Steine geſchloſſen werden, der ſog. Schornſteinverband (ſiehe Fig. 48). Als Beiſpiele mögen neben ſtehend dienen: die rechtwinkelige Ecke

Fig. 52.



von zwei 1 Stein ſtarken (Fig. 49), 2 Stein ſtarken (Fig. 50), 1½ Stein ſtarken (Fig. 51) Mauern, ſo wie die Ecke, gebildet von einer 1½ Stein ſtarken und einer 2 Stein ſtarken Mauer (Fig. 52). In dieſen Beiſpielen ſind die Schichten *I* und *II* zur Herſtellung des Blockverbandes, die Schichten *I* bis *IV* zur Herſtellung des Kreuzverbandes auf allen Seiten erforderlich. Aus dieſen Abbildungen iſt erſichtlich, daſs immer die innere Flucht der Läuferſchicht der einen Mauer als Stoſsfuge durch die andere Mauer hindurch geht, und daſs die der inneren Ecke (dem Winkel) zunächſt liegende durchgehende Stoſsfuge der Läuferſchicht um ¼ Stein vom Winkel entfernt liegt (ſiehe das Schema in Fig. 47).

37. Anſchluſs einer Mauer an eine andere.

Der zweite Fall, daſs eine Mauer rechtwinkelig auf die Flucht einer anderen trifft, kommt gewöhnlich beim Anſtoſs von Scheidemauern an eine Umfaſſungs- oder Mittelmauer vor. Wir wollen die erſtere daher kurzweg Scheidemauer nennen. Es gelten hier ähnliche Geſetze, wie bei der rechtwinkeligen Ecke. Man läſst die Läuferſchicht der einen Mauer (der Scheidemauer) bis zur äuſseren Flucht der anderen (der Hauptmauer) hindurchlaufen, bezw. dieſe mit der inneren Flucht am Ende der Scheidemauer vorübergehen (ſiehe das Schema in Fig. 53). Nur die Läuferſchichten der Scheidemauer erfordern am Zuſammenſtoſs die Endigung mit Dreiquartieren, von denen wieder ſo viele am Ende neben einander angeordnet werden, als die Scheidemauer Steinbreiten in der Dicke zählt. Eine Ausnahme machen hier die Fälle, in denen zwei ½ Stein ſtarke Mauern zuſammenſtoſsen (Fig. 54) oder eine ½ Stein ſtarke Scheidemauer auf eine ſtärkere Mauer trifft (Fig. 55).

Fig. 53. Fig. 54.

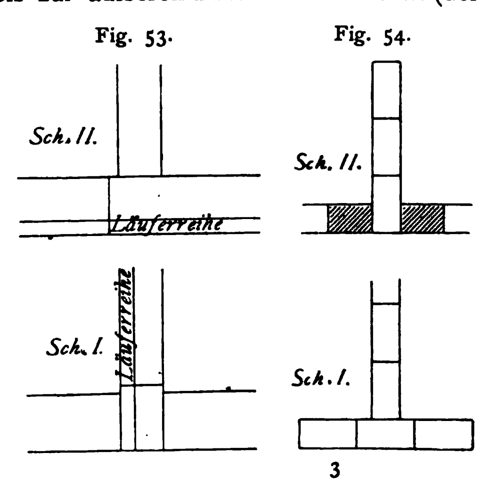
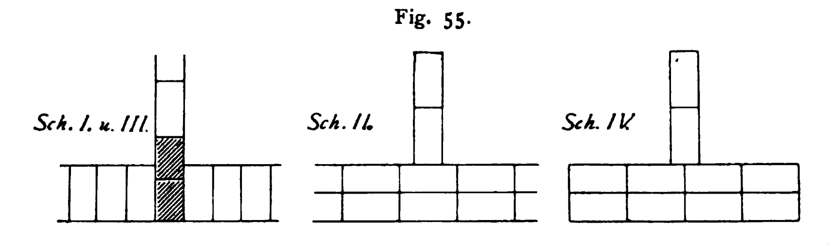
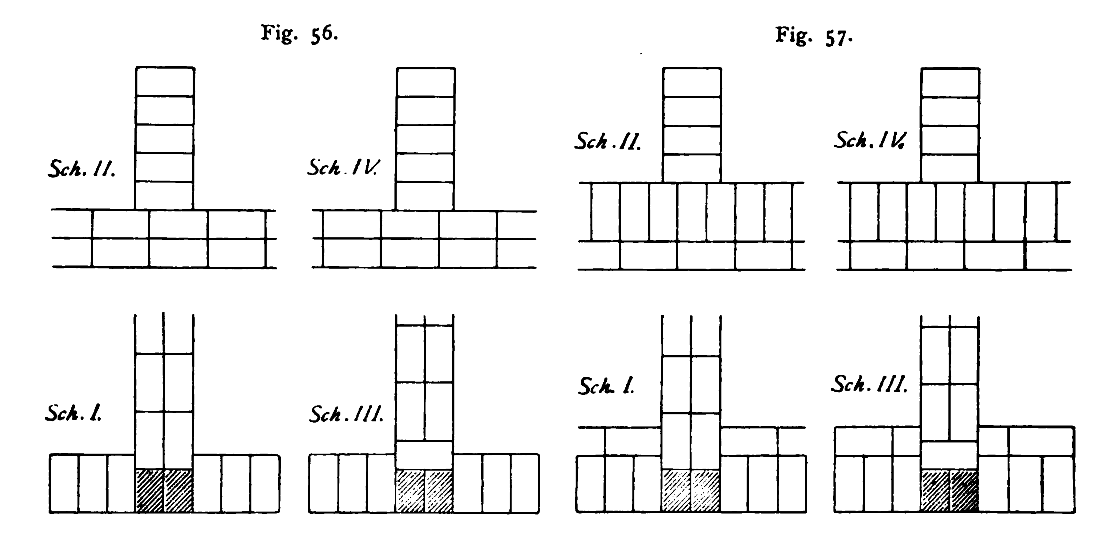


Fig. 55.



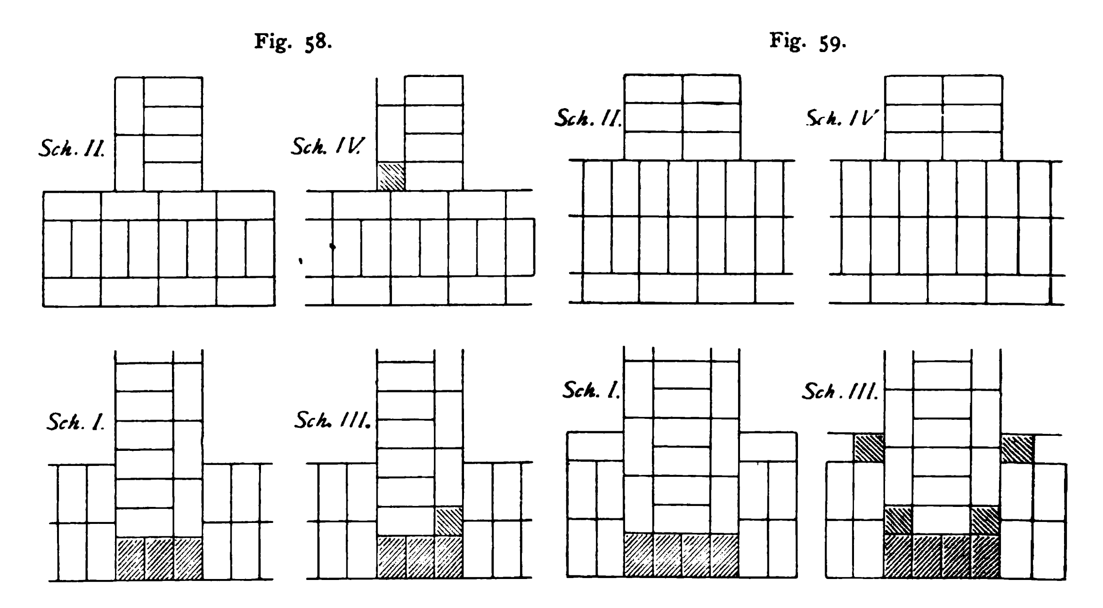
Im ersteren Falle werden zu beiden Seiten der durchgehenden Schicht der Scheidemauer Dreiquartiere erforderlich. Im zweiten Falle (die stärkere Mauer in Fig. 55 ist 1 Stein stark angenommen) müssen in der durchgehenden Schicht der $^1/_2$ Stein starken Scheidemauer zwei Dreiquartiere als Läufer hinter einander gelegt werden. In allen anderen Fällen gilt die angegebene Regel, zu der noch kommt, daſs die den Winkeln zunächst liegenden durchgehenden Stoſsfugen der durchlaufenden Schichten gegen die Fluchten

Fig. 56. Fig. 57.



der stumpf anstoſsenden Schicht um $^1/_4$ Steinlänge verschoben sind. Die Beispiele in Fig. 56 bis 59 verdeutlichen dies. Die Schichten *I* und *II* genügen zur Herstellung des Blockverbandes, während die Schichten *I* bis *IV* zur Herstellung des Kreuzverbandes nothwendig sind.

Fig. 58. Fig. 59.



38.
Durchkreuzung von zwei Mauern.

Auch für den dritten Fall, der rechtwinkeligen Durchkreuzung von Mauern, ſind ähnliche Regeln maſsgebend. Man läſſt die Läuferſchichten ungeſtört durch die andere Mauer hindurchgehen und hat nur darauf Acht zu geben, daſs die den Winkeln zunächſt befindlichen durchgehenden Stoſsfugen derſelben um $^1/_4$ Steinlänge von den Winkeln entfernt liegen (ſiehe das Schema in Fig. 60). Fig. 61 bietet ein normales Beiſpiel hierfür. Nur in denjenigen Fällen, in denen eine $^1/_2$ Stein ſtarke Mauer eine gleich ſtarke oder eine ſtärkere durchkreuzt, ſind Abweichungen in der Verbandanlage der $^1/_2$ Stein ſtarken Mauern nothwendig. Es müſſen Dreiquartiere angeordnet werden, um den regelrechten Stoſsfugenwechſel der über einander folgenden Schichten herbeizuführen (Fig. 62 u. 63). Für den Blockverband braucht man nur die Schichten *I* und *II*, für den allſeitigen Kreuzverband die Schichten *I* bis *IV*.

Fig. 60.

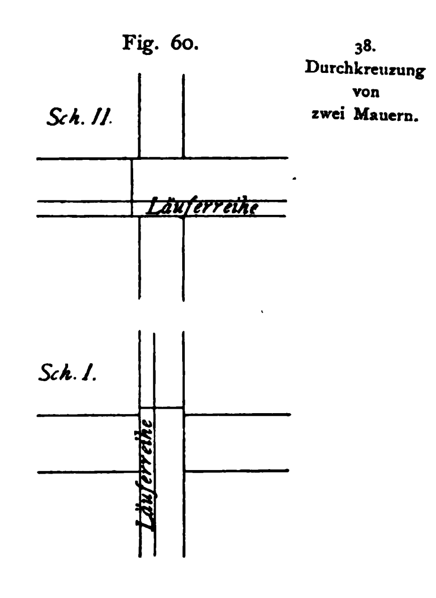


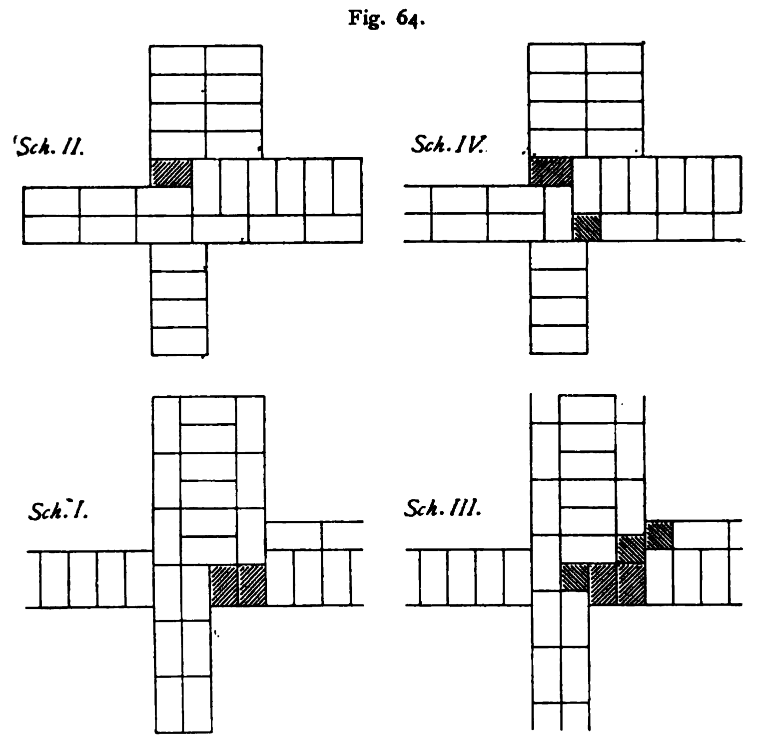
Fig. 61.

Fig. 62.

Bei der Durchkreuzung von Mauern tritt häufig der Fall ein, daſs ſich über den Kreuzungspunkt hinaus die Mauerſtärken verändern. Hierbei ſind die für den Anſchluſs von Scheidemauern und

Fig. 63.

Fig. 64.



für die Durchkreuzung vorgeführten Regeln combinirt zu verwenden. Man läfst die Läuferfchichten durchgehen und fchliefst fie da, wo fie nicht weiter laufen können, mit Dreiquartieren ab. Auch ift immer wieder darauf genau zu achten, dafs die durch eine Läuferfchicht durchgehenden Stofsfugen um ¹/₄ Steinlänge gegen die Winkel verfchoben find. Ein Beifpiel bietet Fig. 64 mit den für allfeitigen Kreuzverband erforderlichen vier Schichten. Die richtige Anordnung der Dreiquartiere ift bei derartigen complicirteren Fällen die Hauptfache.

3) Zufammenftofs von Mauern unter fchiefen Winkeln.

39.
Mauerecke.

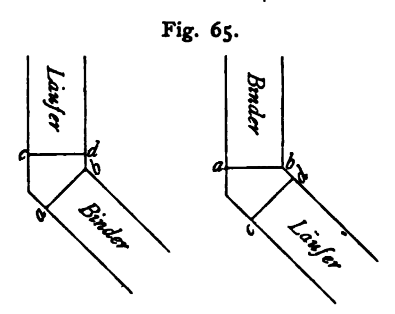
In den Gebäuden kommt häufig der Fall vor, dafs zwei oder mehrere Mauern unter fchiefen Winkeln zufammenftofsen. Handelt es fich dabei nur um zwei Mauern, fo können diefe wieder entweder eine Ecke bilden oder fich an einander anfchliefsen oder fich durchkreuzen. Für diefe Fälle gelten natürlich auch die allgemeinen Regeln für alle Ziegelverbände, insbefondere aber, fo weit möglich, die Regeln für den rechtwinkeligen Zufammenftofs. Die Eckanlage erfordert hier jedoch ganz befondere Aufmerkfamkeit. Die fchiefwinkelige Ecke kann man der Natur der Sache nach nicht mit rechtwinkeligen Steinen herftellen; fondern man mufs die Steine nach dem zwifchen den zufammenftofsenden Mauern vorhandenen Winkel verhauen, wenn man nicht befondere Formfteine verwenden kann. Die Befchaffung der letzteren wird fich empfehlen, wenn an einem Gebäude vielfach derfelbe Winkel zwifchen den Mauern vorkommt. In beiden Fällen dürfen aber diefe Eckftücke nicht zu klein angenommen werden. Bei den zugehauenen Steinen müffen die in die äufseren Fluchten fallenden möglichft wenige verhauene Flächen nach aufsen hin erhalten, da durch das Verhauen die etwas angefinterte und defshalb befonders witterungsbeftändige Aufsenkrufte der Mauerfteine entfernt wird. Eben fo müffen diefelben möglichft genau zugehauen werden, was für die in das Innere der Mauer fallenden nicht ganz fo nothwendig ift. Auf die Ecke darf niemals eine Stofsfuge treffen; auch find fpitze Winkel der Steine an den Aufsenflächen zu vermeiden. Alle Stofsfugen müffen wo möglich normal zu den Mauerfluchten ftehen. Wie bei allen Ziegelverbänden ift auch hier der Stofsfugenverband immer einzuhalten, und es find möglichft wenige Theilfteine zu verwenden. Am einfachften find die Aufgaben beim fchiefwinkeligen Zufammenftofs

von zwei Mauern zu löſen, wenn auch hier der Grundſatz feſt gehalten wird, daſs in einer und derſelben Schicht an der Auſsenſeite die Steine in der einen Mauer als Binder, in der anderen als Läufer liegen. Die einfachere und normalere Löſung läſſt im Allgemeinen die ſtumpfwinkelige Ecke zu, die daher zuerſt behandelt werden ſoll.

40. Stumpfwinkelige Ecke.

Der ſtumpfwinkelige Eckverband von gleich ſtarken oder in ihrer Stärke wenig verſchiedenen und nicht zu ſtumpfwinkelig auf einander treffenden Mauern (der Winkel darf ca. 135 Grad nicht überſteigen) läſſt eine ähnliche Behandlung, wie der rechtwinkelige zu. Während man bei letzterer abwechſelnd die inneren Fluchten beider Mauern als Stoſsfugen durchgehen läſſt, läſſt man bei der ſtumpfwinkeligen Ecke von der inneren Ecke (dem Winkel) aus abwechſelnd in den auf einander fallenden Schichten eine Stoſsfuge normal zur einen und anderen Mauer ausgehen. Am zweckmäſsigſten gehört dieſe durchlaufende Stoſsfuge zur Binderſchicht (die Bezeichnung Binder- oder Läuferſchicht iſt nach dem Ausſehen der Schicht an der convexen Seite der Ecke zu wählen). Die dem Winkel zunächſt liegenden Stoſsfugen der Läuferſchicht ſind auch hier um $^1/_4$ Stein gegen den Winkel zu verſetzen (ſiehe das Schema in Fig. 65, worin die Linien *ab* die vom Winkel aus normal zur Mauerflucht durchgehende, *cd* die um $^1/_4$ Stein verſetzte Stoſsfuge bedeuten). Unter Feſthaltung der eben angegebenen Regeln bei gleich ſtarken Mauern ergiebt ſich ein ganz gleich geformter Eckſtein in allen Schichten, nur abwechſelnd in umgekehrter Lage. Es erleichtert dies die Verwendung von Formſteinen.

Fig. 65.



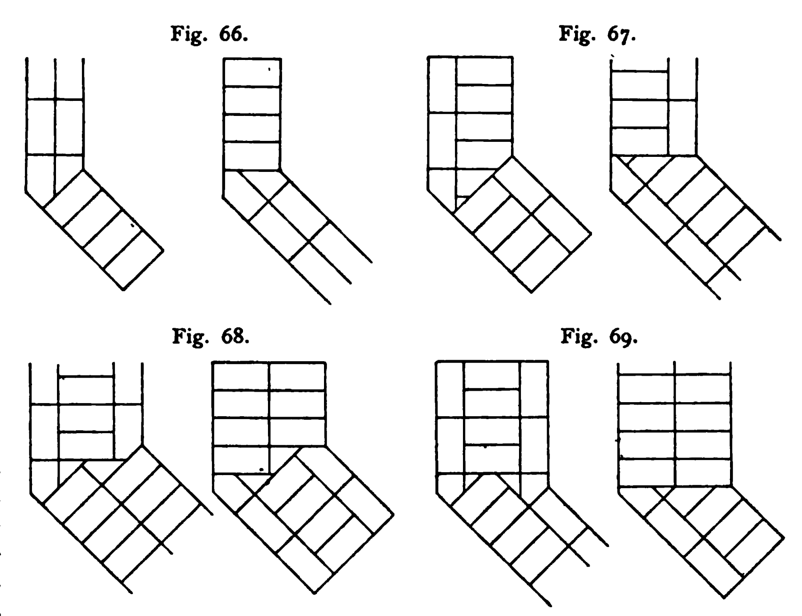
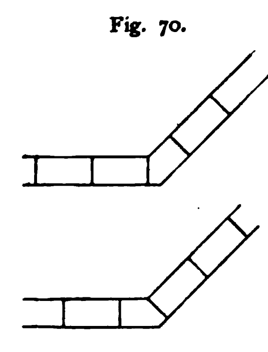


Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69.

Die beiden äuſseren Seiten des Eckſteines haben dabei eine Längen-Differenz von $^1/_4$ Stein. Zugehauene Steine können nur dann in Anwendung gelangen, wenn die gewöhnliche Steinlänge ausreicht, was nur bei nicht ſehr ſtumpfen Winkeln der Fall iſt. Die Beiſpiele Fig. 66 bis 69 werden das Geſagte erläutern. Es ſind in denſelben aber nur die Schichten für den Blockverband gegeben; die für den Kreuzverband erforderlichen werden nach den früheren Beiſpielen leicht hinzuconſtruirt werden können. Bei $^1/_2$ Stein ſtarken Mauern (Fig. 70) iſt die dem Winkel zunächſt liegende Stoſsfuge um $^1/_2$ Stein von demſelben entfernt.

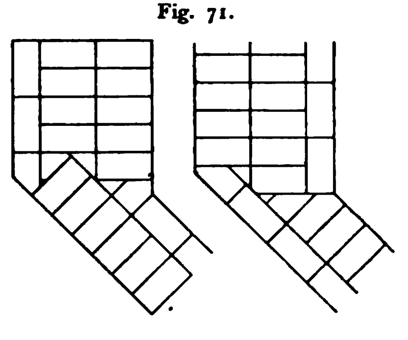
Beim Zuſammenſtoſs von ſehr verſchieden ſtarken Mauern laſſen ſich die Eckverbände nicht in der angegebenen Weiſe herſtellen, weil in dieſen Fällen die eine vom Winkel normal ausgehende Stoſsfuge entweder ſehr nahe an die Ecke oder erſt auf die Verlängerung der einen Mauerflucht trifft, alſo die andere unter ſpitzem

Fig. 70.



Winkel ſchneiden muſs, was unzuläſſig iſt. Man ordnet dann eine vom Winkel aus durchgehende Stoſsfuge in der Binderſchicht der ſchwächeren Mauer an, während man die in der darauf folgenden Schicht vom Winkel ausgehende Stoſsfuge der ſtärkeren Mauer bis an die äuſsere Läuferreihe der ſchwächeren gehen läſſt. Die um $^1/_4$ Stein vom Winkel entfernten Stoſsfugen gehen ſo weit, als dies der Verband möglich macht. Es genüge ein Beiſpiel (Fig. 71) für dieſen Fall.

Fig. 71.



Will man an der Auſsenſeite der Mauerecke das regelmäſsige Verbandmuſter bis ganz an die Ecke heranführen, was bei Backſtein-Rohbauten in Frage kommen kann, ſo muſs man auch mit der Beſtimmung der Gröſse des Eckſteines den Anfang machen und dieſen an der Läuferſeite $^3/_4$ Stein lang und an der Binderſeite $^1/_2$ Stein lang bemeſſen, wenn dies die Gröſse des Winkels bei der gewöhnlichen Steinlänge geſtattet. Anderenfalls iſt man gezwungen, beſondere Formſteine anzuwenden. Aber auch dann ergiebt ſich in der Regel am inneren Winkel ein ſchlechter Verband.

Sind auf beiden Seiten der ſtumpfwinkeligen Ecke die Schichten gleichartig, d. h. laufen in denſelben Höhen Läuferreihen oder Binderreihen um die Ecke herum, ſo iſt die Verbandanlage dahin zu ändern, daſs man vom Winkel nach beiden Mauerfluchten hin normale Stoſsfugen in derſelben Schicht ausgehen läſſt, in der darauf folgenden Schicht ebenfalls zwei ſolche, die aber vom Winkel um $^1/_4$ Stein entfernt ſind (ſiehe die Schichten *I* und *II* im Schema von Fig. 72). Für die Schicht *I* iſt es zweckmäſsig, daſs an den inneren Fluchten der Mauern Binder liegen. In der Schicht *II* kann man, um Formſteine am Winkel zu vermeiden, daſelbſt die Läufer mit diagonaler Stoſsfuge zuſammenſchneiden laſſen. Fig. 73 giebt als Beiſpiel die ſtumpfwinkelige Ecke zweier $2^1/_2$ Stein ſtarken Mauern.

Fig. 72.

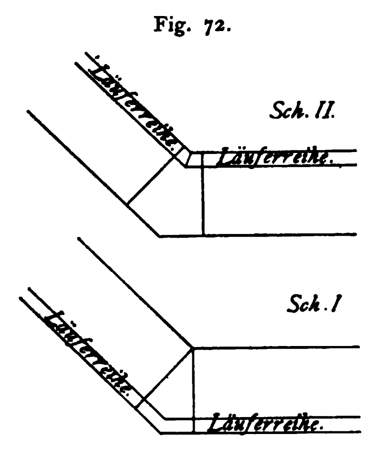


Fig. 73.

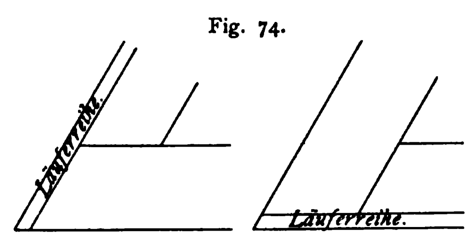
Sch. II.

Sch. I.

41. Spitzwinkelige Ecke.

Der Eckverband der unter ſpitzem Winkel zuſammentreffenden Mauern iſt in der Weiſe zu behandeln, daſs man die äuſsere Läuferreihe der Läuferſchicht bis zur Ecke fortlaufen läſſt und mit dem nach dem gegebenen Winkel zugehauenen Eckſtein ſchlieſst. Bis an dieſe Läuferreihe führt man die Binderſchicht der anderen Mauer heran, ſo daſs alſo die innere Flucht derſelben bis

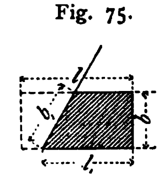
Fig. 74.



dahin als Stofsfuge fortläuft.

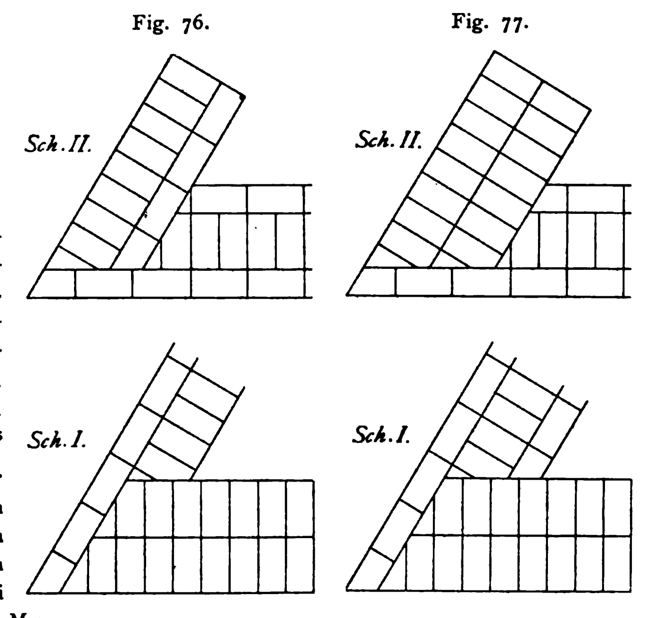
Man fehe das Schema in Fig. 74, worin die eben gedachte Anordnung veranfchaulicht ift.

Fig. 75.



Es ift hierbei alfo nach Möglichkeit das Princip der Bildung des rechtwinkeligen Eckverbandes durchgeführt. Die Einrichtung des regelrechten Stofsfugenwechfels zwifchen den Schichten erzielt man dadurch, dafs man die Länge l_1 des Eckfteines gleich macht der Länge b_1 des fchräg zugehauenen Hauptes plus $^1/_4$ Stein ($l_1 = b_1 + \frac{1}{4} l$ in Fig. 75). Derfelbe Eckftein läfft fich dann in allen Schichten verwenden, nur abwechfelnd in umgekehrter Lage. Fig. 76 u. 77 geben Beifpiele für den Eckverband von zwei ungleich ftarken und zwei gleich ftarken Mauern.

Fig. 76. Fig. 77.



42. Coupirte fpitzwinkelige Ecke.

Beim fpitzwinkeligen Zufammenftofs von zwei Mauern kann es, namentlich wenn der Winkel ziemlich klein ift, wünfchenswerth erfcheinen, diefelbe abzuftumpfen oder zu coupiren. Ift die Coupirung fo grofs, dafs der fpitze Winkel im Inneren verfchwindet, fo hat man es dann mit drei Mauern und zwei ftumpfwinkeligen Ecken zu thun, alfo nicht mit etwas Neuem. Bleibt dagegen auf der Innenfeite der fpitze Winkel, fo bietet diefer Fall Stoff zu befonderer Befprechung.

An der Coupirungsfläche, die normal zur Halbirungslinie des fpitzen Winkels zwifchen den beiden Mauerfluchten zu legen ift, damit zwei gleiche äufsere ftumpfwinkelige Ecken gebildet werden, müffen des regelrechten Verbandes wegen Läufer- und Binderfchichten mit einander abwechfeln. Des guten Ausfehens, aber auch der einfacheren Conftruction halber ift es dann zweckmäfsig, von der bisher allenthalben durchgeführten Regel, in einer und derfelben Schicht in der einen der die Ecke bildenden Mauern aufsen eine Läuferreihe, in der anderen eine Binderreihe zu legen, abzufehen und den Fall fo aufzufaffen, als gehörte die Coupirungsfläche einer dritten

Fig. 78. Fig. 79.

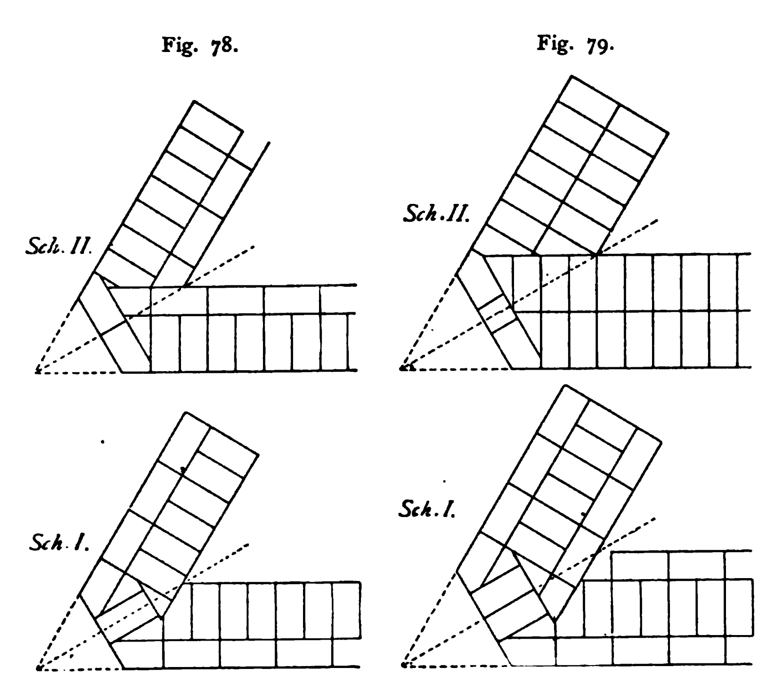
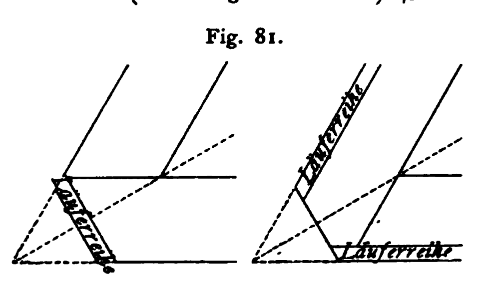


Fig. 80.

Mauer an. Es werden dann in derſelben Schicht in den beiden Mauern gleichzeitig auſsen Läufer oder Binder ſich befinden, an der Coupirungsfläche dagegen Binder oder Läufer (ſiehe das Schema in Fig. 81).

Die Breite der Coupirung beſtimmt ſich ſo, daſs zwiſchen den beiden ſchräg zugehauenen Eckſteinen ein oder zwei Binderhäupter Platz haben. Die Gröſse und Form der Eckſteine iſt in der Weiſe zu ermitteln, daſs man den einen Schenkel des ſtumpfen Winkels $^3/_4$ Steine, den anderen (den ſchräg zuzuhauenden) $^1/_2$ Stein lang macht (Fig. 80). Sollte ſich der Stein dann immer noch zu lang ergeben, ſo muſs man beide Schenkel ſo verkürzen, daſs dabei die Differenz der Schenkellängen immer $^1/_4$ Stein bleibt. Es ſind dann in allen Schichten dieſelben Eckſteine, nur abwechſelnd in umgekehrter Lage, verwendbar. Die Eckanlage iſt ſonſt ähnlich wie bei der ſpitzwinkeligen Ecke, indem man abwechſelnd die eine oder die andere der inneren Mauerfluchten als Stoſsfuge ſo weit durchführt, als dies möglich oder zweckmäſsig erſcheint. In Fig. 78 u. 79 ſind Beiſpiele zur Erläuterung gegeben.

Fig. 81.



43. Anſchluſs einer Mauer an eine andere.

Der ſchiefwinkelige Anſchluſs einer Mauer an eine andere wird wie der rechtwinkelige behandelt, nur mit dem Unterſchiede, daſs man die anſchlieſsende Scheidemauer in einer Schicht um die andere nicht bis an die äuſsere Flucht der Hauptmauer durchlaufen läſſt, ſondern nur bis hinter die daſelbſt angeordnete Läuferreihe (ſiehe das Schema in Fig. 82), wodurch die zu verhauenden Steine in das Innere der Mauer kommen. Das Eingreifen oder Einbinden der Scheidemauer erfolgt alſo in den Läuferſchichten der Hauptmauer. Auch hier iſt wieder die Regel zu befolgen, daſs die dem (ſpitzen) Winkel zunächſt liegende durchlaufende Stoſsfuge *a b* der Scheidemauer um $^1/_4$ Stein vom Winkel entfernt liegen muſs. Weiter erſcheint es zweckmäſsig, in der Hauptmauer eine durchlaufende Stoſsfuge *c d* in der in Fig. 82 angegebenen Weiſe anzuordnen. Es möge das Beiſpiel in Fig. 83, der Anſchluſs einer $1^1/_2$ Stein ſtarken Scheidemauer an eine 2 Stein ſtarke Hauptmauer, genügen.

Fig. 82.

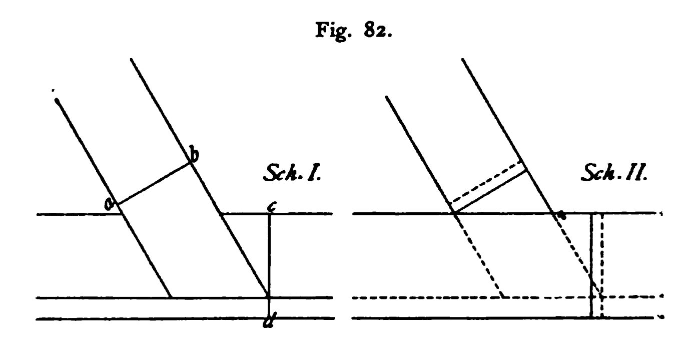
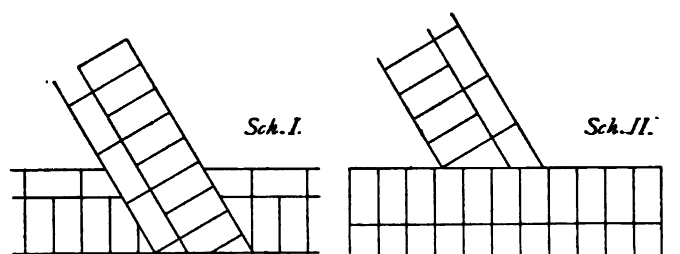


Fig. 83.



44. Durchkreuzung zweier Mauern.

Die ſchiefwinkelige Durchkreuzung iſt nur die Verallgemeinerung des Falles der rechtwinkeligen. Wie das Schema in Fig. 84 zeigt, gelten genau dieſelben Regeln, wie ſie früher für die rechtwinkelige Durchkreuzung ausführlich beſprochen wurden. Auch hier iſt, wegen der Einrichtung des Verbandes, in den auf einander folgenden Schichten wohl darauf zu achten, daſs in der durchlaufenden Schicht eine

durchgehende Stofsfuge um 1/4 Stein entfernt von einem der Winkel angeordnet werden mufs. Ein befonderes Erläuterungsbeifpiel erfcheint hier nicht nothwendig.

45. Zufammenftofs von mehreren Mauern.

Es kommt bei Bauwerken der Fall öfters vor, dafs mehr als zwei Mauern unter beliebigen Winkeln in einem Punkte zufammenftofsen. Je nach der Anzahl der zufammentreffenden Mauern, der Stärke derfelben und den Winkeln, unter denen fie zufammentreffen, mufs die Löfung diefer Aufgaben eine verfchiedene werden. Es dürfte zu weit führen und auch überflüffig fein, eine grofse Zahl folcher Fälle zu erörtern. Es möge nur der eine Fall hier nähere Befprechung finden, wenn drei Mauern in einem Punkte zufammenftofsen. Die allgemeine Löfung diefer Aufgabe ift die, dafs man zwei der Mauern als eine Ecke bildend anfieht und die dritte dann in einer Schicht um die andere in die Ecke einbindet, während man fie in den übrigen Schichten nur ftumpf anftofsen läfft. Jeder fpecielle Fall wird überdies noch unter Berückfichtigung der gegebenen Verhältniffe und Fefthaltung der allgemeinen Regeln eine befondere Behandlung zulaffen.

Fig. 84.

Fig. 85.

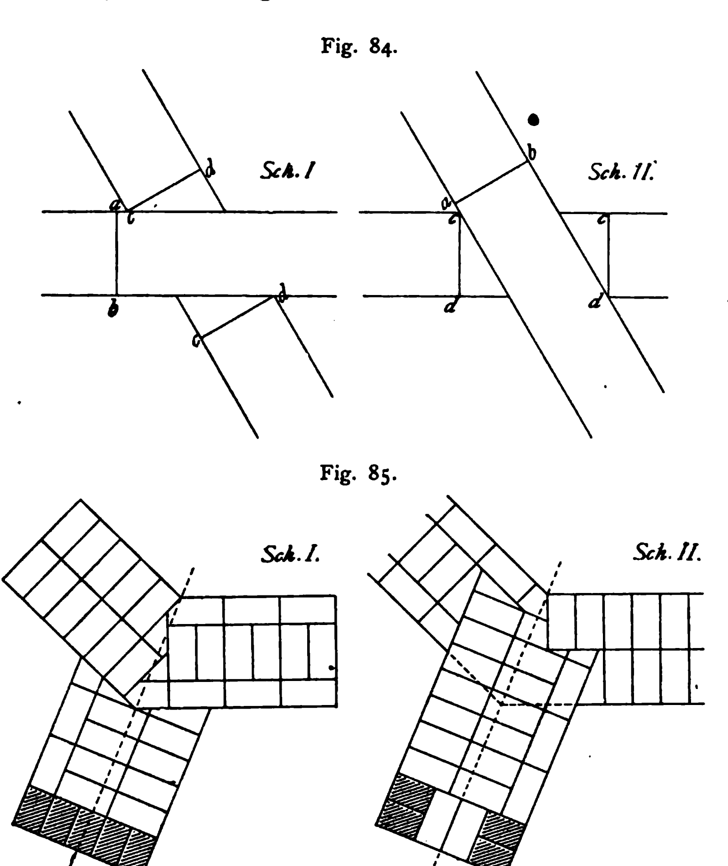
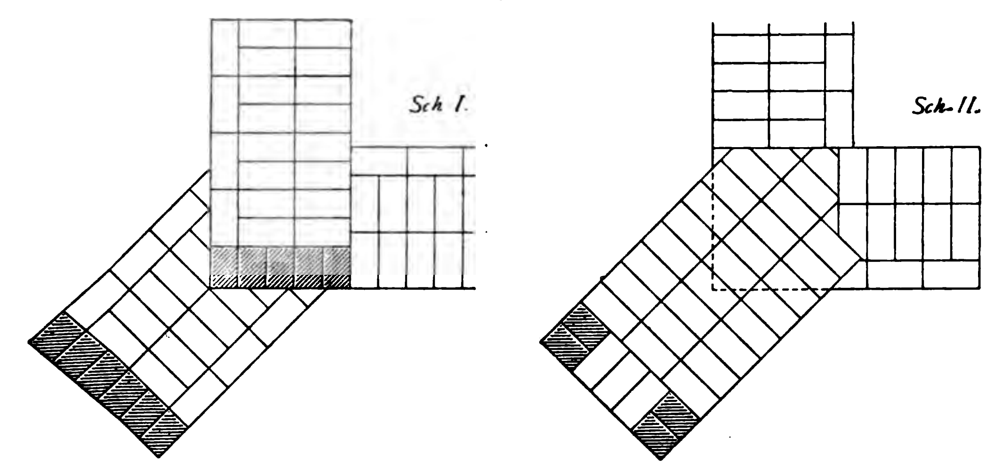


Fig. 86.



Das wichtigste Vorkommen des Zusammenstofses von drei Mauern dürfte das sein, dafs an eine Ecke, an eine rechtwinkelige oder stumpfwinkelige, sich ein Strebepfeiler in diagonaler, den Winkel der beiden die Ecke bildenden Mauern halbirenden Richtung anlegt. Die beigefügten Beispiele in Fig. 85 u. 86 werden das einzuschlagende Verfahren erläutern, obgleich dieses, wie schon gesagt, je nach den vorliegenden Verhältnissen Umänderungen erheischt. Gleichmäfsiger Anschlufs des Strebepfeilers an beide Seiten der Mauerecke läfst sich erzielen, wenn die beiden die Ecke bildenden Mauern nach aufsen hin gleichartige Schichtenbildung in gleicher Höhe zeigen. Es hat dies aber wenig praktischen Werth, da der Anschlufs beider Seiten nicht gut gleichzeitig gesehen werden kann.

4) Beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln.

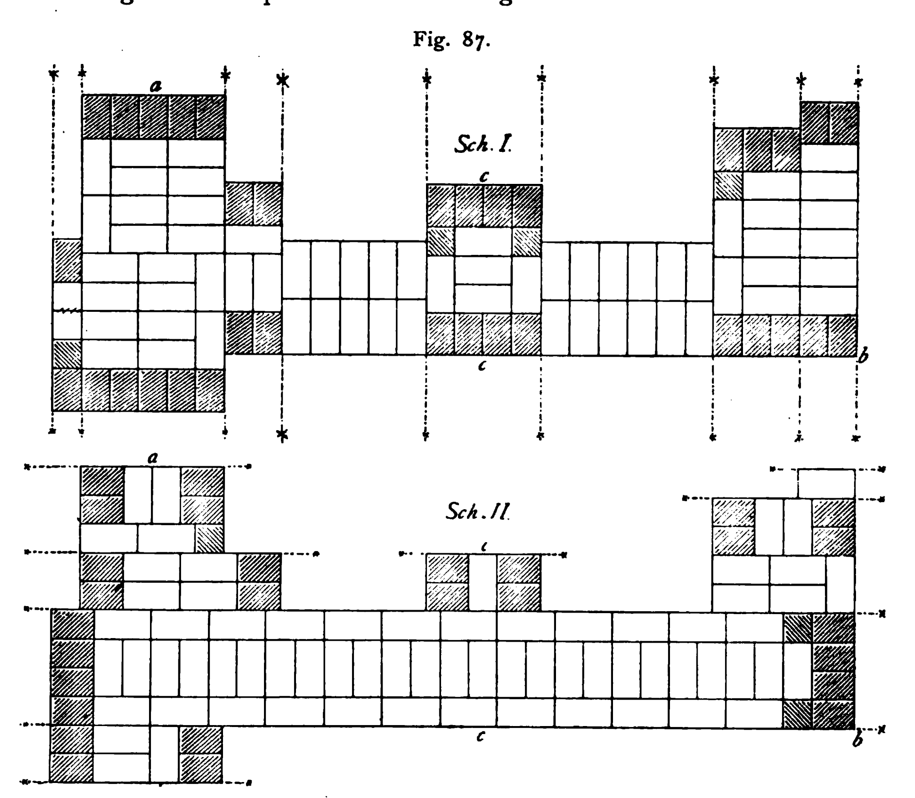
46.
Verschiedenheit.

Die gewöhnlichen Backsteine eignen sich in Folge ihrer Gestalt eigentlich nur zur Herstellung von Mauern mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln, und es sind deswegen auch nur für den Verband solcher klare Gesetze aufstellbar. Daher ist die Betrachtung hier auf diese zu beschränken. Die Behandlung wird eine etwas verschiedene sein müssen, je nachdem alle Dimensionen einem Vielfachen von halben Steinlängen (Steinbreiten) entsprechen oder je nachdem einzelne oder alle Dimensionen nicht ohne Rest durch halbe Steinlängen theilbar sind, sondern einen Ueberschufs von einem Viertelstein haben. Es wird dabei angenommen, dafs alle Dimensionen von Backsteinmauerwerken als Vielfache von Viertelsteinlängen bemessen werden. In der Praxis vorkommende Differenzen lassen sich leicht ausgleichen.

47.
Vielfache von 1/2 Steinlängen.

Der erste Fall, dafs alle Dimensionen eines Mauerkörpers durch halbe Steinlängen ohne Rest theilbar sind, ist der einfachere und mag daher zuerst zur Behandlung gelangen. Es kommen hierbei die Regeln zur Anwendung, welche für die lothrechte Endigung der Mauern (Fig. 87 bei *a*), die rechtwinkelige Ecke (Fig. 87 bei *b*) und den rechtwinkeligen Anschlufs einer Mauer an eine andere (Fig. 87 bei *c*) unter Benutzung von Dreiquartieren schon aufgestellt worden sind.

Fig. 87.



Das Hauptfächliche derfelben mag hier kurz wiederholt werden. Die beiden zur Herftellung des Blockverbandes nothwendigen Schichten enthalten hiernach für die lothrechte Endigung in der einen Schicht fo viele Dreiquartiere, als die Mauer Steinbreiten dick ift, hinter einander als Läufer, in der anderen immer nur 2 Paar Dreiquartiere als Binder. Bei der rechtwinkeligen Ecke kommen auf jede Seite derfelben abwechfelnd fo viele Dreiquartiere, als die beiden die Ecke bildenden Mauern Steinbreiten in der Dicke zählen, als Läufer, und beim rechtwinkeligen Anfchlufs einer Mauer an eine andere legt man in der einen Schicht in der Verlängerung der anfchliefsenden Mauer und parallel der Richtung derfelben fo viele Dreiquartiere neben einander an die äufsere Flucht der Hauptmauer, als die anfchliefsende Steinbreiten dick ift, während in der darauf folgenden Schicht der Verband der Hauptmauer ununterbrochen durchgeht.

Bei der Anwendung diefer Regeln für complicirtere Mauerkörper, wie fie hier befprochen werden follen, kommt es nun vor allen Dingen darauf an, die Dreiquartiere zuerft und richtig zu legen. Dazu gehört:

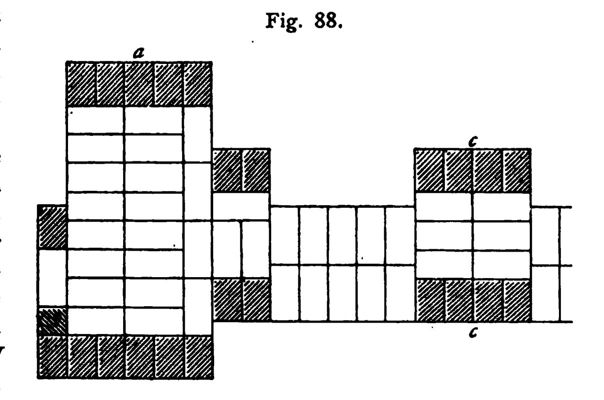
α) Dafs alle Dreiquartiere in einer und derfelben Schicht parallel gerichtet find, oder was daffelbe ift, dafs nur parallele Seiten der Ecken mit Dreiquartieren befetzt werden.

Diefe Forderung wird zum Theil fchon erfüllt, wenn an der früher aufgeftellten Regel, dafs an den Ecken und Maueranfchlüffen in einer Höhe Läufer- und Binderfchichten zufammentreffen follen, feft gehalten wird.

β) Dafs jedem Dreiquartier auf der einen Seite des Mauerkörpers ein anderes eben fo gerichtetes auf der anderen Seite entfprechen mufs.

Der Ort für diefe mit einander correfpondirenden Dreiquartiere ift leicht dadurch zu finden, dafs man die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Eckpunkten in rechteckige Streifen zerlegt und die Richtung derfelben in den auf einander folgenden Schichten regelmäfsig wechfeln läfft. Die Enden der Streifen werden, den angeführten Regeln entfprechend, mit den Dreiquartieren befetzt (Fig. 87). Die Zwifchenräume zwifchen den Dreiquartieren werden dann noch regelrecht mit ganzen Steinen unter Zuziehung von Zweiquartieren je nach Bedürfnifs ausgefüllt.

Fig. 88.



In einzelnen Fällen find durch kleine Abweichungen von den angeführten Regeln Vereinfachungen möglich. So läfft fich z. B. dadurch, dafs man auf der linken Seite der Schicht *I* in Fig. 87, Abtheilung *a* die Läuferreihe auf die rechte Seite der Mauer legt, eine einfachere Ausfüllung mit Ganzen erzielen; auch laffen fich die Zweiquartiere bei *c* der Schicht *I* in Fig. 87 vermeiden. Diefe Veränderungen find in Fig. 88 dargeftellt[29]).

Bei Feftftellung der Verbandanordnungen für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken laffen fich anftatt der Dreiquartiere auch die Längsquartiere anwenden. Der Verband mit folchen ift aber fehr unfelbftändig und nicht immer ganz durchführbar. Aus diefen und den fchon früher angeführten Gründen kommt er hier nicht zur Behandlung.

48. Vielfache von 1/2 Steinlängen + 1/4 Steinlänge.

Die Verbandanlagen von Mauerkörpern, deren Dimenfionen nicht reine Vielfache von halben Steinlängen find, fondern zu denen noch Viertelfteinlängen treten, laffen fich nicht nach fo fcharf ausgeprägten Gefetzen beftimmen, wie dies bei denjenigen der Fall ift, deren Dimenfionen durch halbe Steinlängen ohne Reft theilbar find.

29) Die Anlage der Mauerverbände von Mauerkörpern mit rechtwinkeligen Ecken wurde zuerft nach allgemeinen Principien von *C. v. Brand* behandelt, in deffen Arbeiten fich Ausführlicheres über diefen Gegenftand findet. Es find dies: Praktifche Darftellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekannten Gefetzen. Berlin 1864. — Etwas fafslicher gefchrieben, wenn auch nicht fo vollftändig und fo durchgebildet: Ueber Mauerziegelverband. HAARMANN's Zeitfchr. für Bauhdw. 1862, S. 64.

Es sollen diese Fälle nach den von *v. Brand* angegebenen Methoden hier nur andeutungsweise behandelt werden.

α) Methode des Coupirens. Man ergänzt nach dieser Methode die Dimensionen so, daſs alle zu Vielfachen von halben Steinlängen werden, legt für die so ergänzte Figur den Verband nach den früheren Regeln an und schneidet darauf das zur ursprünglichen Figur Hinzugefügte wieder ab. Die sich ergebenden kleineren Steintheile werden nach Möglichkeit zu gröſseren vereinigt.

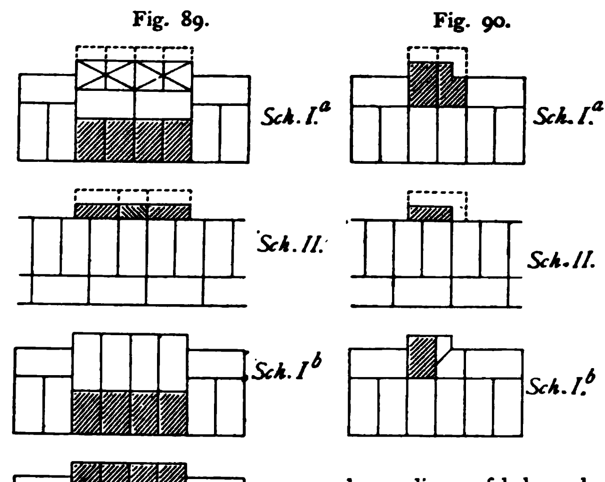


Fig. 89. Fig. 90.

Das zuerst Hinzugefügte, nachher wieder Coupirte ist in den Beispielen (Fig. 89 u. 90) durch punktirte Linien, die Vereinigung von Steintheilen durch ein Kreuz angedeutet. Auch lassen sich sonst noch Verbesserungen mitunter anbringen, wie die Schicht *I, b* und Schicht *I, c* von Fig. 89 ausweisen.

Bei der Anwendung dieser Methode ergeben sich oft Ausklinkungen von Steinen, die man aber gern zu vermeiden sucht. Es kann dies geschehen durch Anwendung der Viertelschrägfuge. Man versteht darunter eine von einem Winkel des Grundrisses in der Richtung der Halbirungslinie des Winkels ausgehende Fuge von der Länge der Diagonale eines Achtelsteines (Fig. 90, Schicht *I, b*).

β) Methode des Zusammenschiebens. Diese Methode findet nur da Anwendung, wo vor einem Hauptkörper von Dimensionen, die durch halbe Steinlängen ohne Rest theilbar sind, kleinere rechteckige Vorlagen sich befinden, deren Dimensionen (eine oder alle beide) mit Viertelsteinlängen bemessen werden müssen.

Nach dieser Methode werden beide zum Verband nothwendigen Schichten für den Hauptmauerkörper wie gewöhnlich fest gestellt. Dann wird in einer Schicht um die andere unter Anwendung der Viertelschrägfuge ein Stück von der Länge der Vorlage und $^1/_4$ Stein breit herausgeschnitten und ein entsprechendes Stück, vergröſsert um die Vorlage, wieder angeschoben. Je nach den Umständen kommen hierbei ein oder zwei Schrägfugen zur Anwendung (Fig. 91 u. 92). Der Verband der Vorlage wird nach der Coupirmethode bestimmt. Kleinere Steintheile der Vorlage lassen sich mit solchen des Hauptkörpers oft zu gröſseren vereinigen, oder es können auch noch auf andere Weise Verbesserungen im Verband angebracht werden. So lieſse sich an Stelle der Schichtanordnung *II* in Fig. 91 mit Vortheil diejenige der Schicht *I, c* in Fig. 89 verwenden.

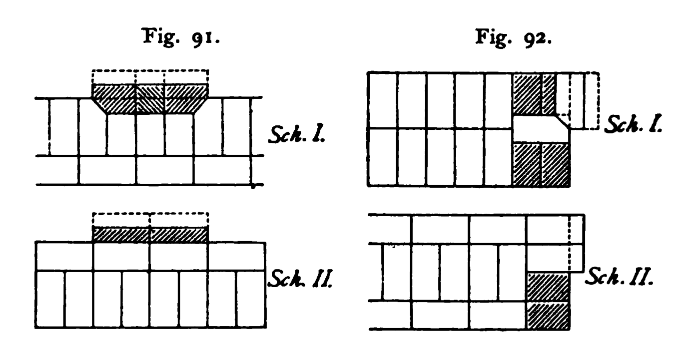
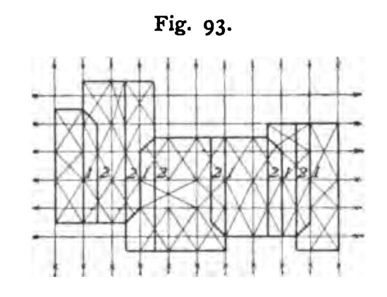


Fig. 91. Fig. 92.

γ) Methode der zuläſsigen Fugen. Bei dieser in allen Fällen anwendbaren Methode werden zuerst eine Anzahl Fugen in der Weise bestimmt, daſs man von jedem einspringenden Winkel aus normal zur Längenrichtung des Grundrisses je zwei Fugen, die Grenzfugen genannt werden sollen, zieht. Die eine dieser Grenzfugen bildet die Verlängerung des einen Winkelschenkels; die andere läuft parallel der ersteren und beginnt am inneren Ende einer Viertelschrägfuge. In jeder der beiden

zur Bildung des Verbandes nothwendigen Schichten wird von den Grenzfugen für jeden einfpringenden Winkel eine genommen, diefe aber fo gewählt, dafs zwifchen den Grenzfugen fich Abtheilungen ergeben, deren Breite einem Vielfachen von halben Steinlängen entfpricht. Die für die eine Schicht nicht benutzten Grenzfugen kommen in der anderen zur Verwendung. Zur Beftimmung der übrigen Fugen legt man über den Grundriss ein Netz von parallelen, rechtwinkelig fich kreuzenden Linien in Entfernungen von je $^1/_2$ Steinlänge. Die erfte der Parallelen zur Längenrichtung des Grundriffes läfft man am inneren Endpunkte einer Viertelfchrägfuge beginnen. Jede Viertelfchrägfuge, die an ihrem inneren Endpunkte nicht von einer der Parallelen getroffen wird, ift aufzugeben.

Fig. 93.



In Fig. 93 find die Grenzfugen der erften Schicht mit *1*, die der zweiten mit *2* bezeichnet; die fich kreuzenden Parallelen für die erfte Schicht find mit dünnen Linien angegeben. Die Parallelen der einen Schicht müffen von denen der anderen um $^1/_4$ Stein entfernt liegen. Die Linien des Netzes geben dann alle zuläffigen Fugen an, die nun in thunlichft gefchickter Weife zu möglichft vielen ganzen Steinen zufammengefafft werden. Die Beftimmung der aufser den Grenzfugen weiter zuläffigen Fugen kann für die ganze Grundrifsfigur gleichmäfsig erfolgen oder für jede Abtheilung befonders. Das letztere Verfahren liefert häufig beffere Löfungen, ift aber im Allgemeinen umftändlicher. In Bezug auf das Nähere diefes Verfahrens mufs auf das in Fufsnote 29 citirte Werk von *v. Brand* verwiefen werden. In Fig. 93 ift eine auf Grundlage der erwähnten Vorarbeiten mögliche Steinvertheilung der erften Schicht durch Kreuze angedeutet.

Nach der Erörterung der allgemeinen Grundfätze und der zur Vereinfachung der Arbeit anwendbaren Methoden wird es nun leicht fein, öfter im Bauwefen vorkommende Specialfälle zu behandeln. Solche Fälle find: Pfeilervorlagen von Mauern, Eckverftärkungen, Thür- und Fenfterpfeiler, frei ftehende Pfeiler (Freiftützen), Mauern und Pfeiler mit Hohlräumen etc.

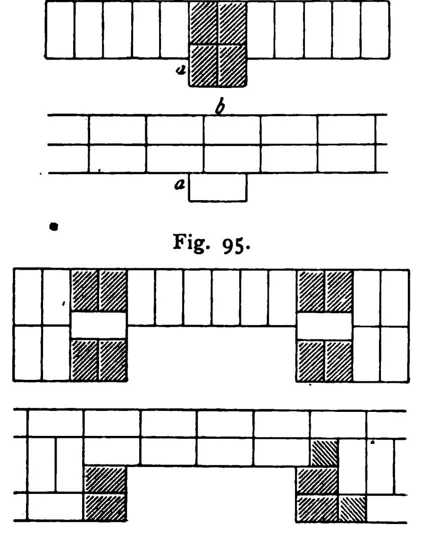
49.
Pfeilervorlagen; Eckverftärkungen; Nifchenecken.

Häufig werden Verftärkungen von Mauern nothwendig, die entweder, in gewiffen Abftänden wiederkehrend, von einfach rechteckigem oder reicher gegliedertem Querfchnitt den Mauerfluchten vorgelegt werden — die fog. Pfeilervorlagen, oder welche die Stabilität der Mauerecken erhöhen follen und die dann nach aufsen oder nach innen vorfpringen können — die äufseren und inneren Eckverftärkungen. Im Gegenfatz zu diefen Verftärkungen kommen auch Schwächungen der Mauerkörper durch Nifchen vor, deren Eckbildungen — die Nifchenecken — befondere Behandlung verlangen.

Es können diefe Fälle mit Hilfe der bekannten gewöhnlichen Regeln über die Bildung des lothrechten Mauerabfchluffes, des Maueranfchluffes und der Mauerecke gelöst werden.

Fig. 94.

Fig. 95.



So zeigt fich z. B. in Fig. 94, 96 u. 99 in *a* der Mauerabfchlufs und in *b* der Maueranfchlufs zur Anwendung gebracht. Erleichtert wird jedoch auch in diefen oft einfachen Fällen die Verlegung der Dreiquartiere durch die oben empfohlene Zerlegung der Schichten in rechteckige Streifen, was natürlich bei den complicirteren Fällen noch mehr zur Geltung gelangt. Dafs aber diefes Verfahren, wie überhaupt

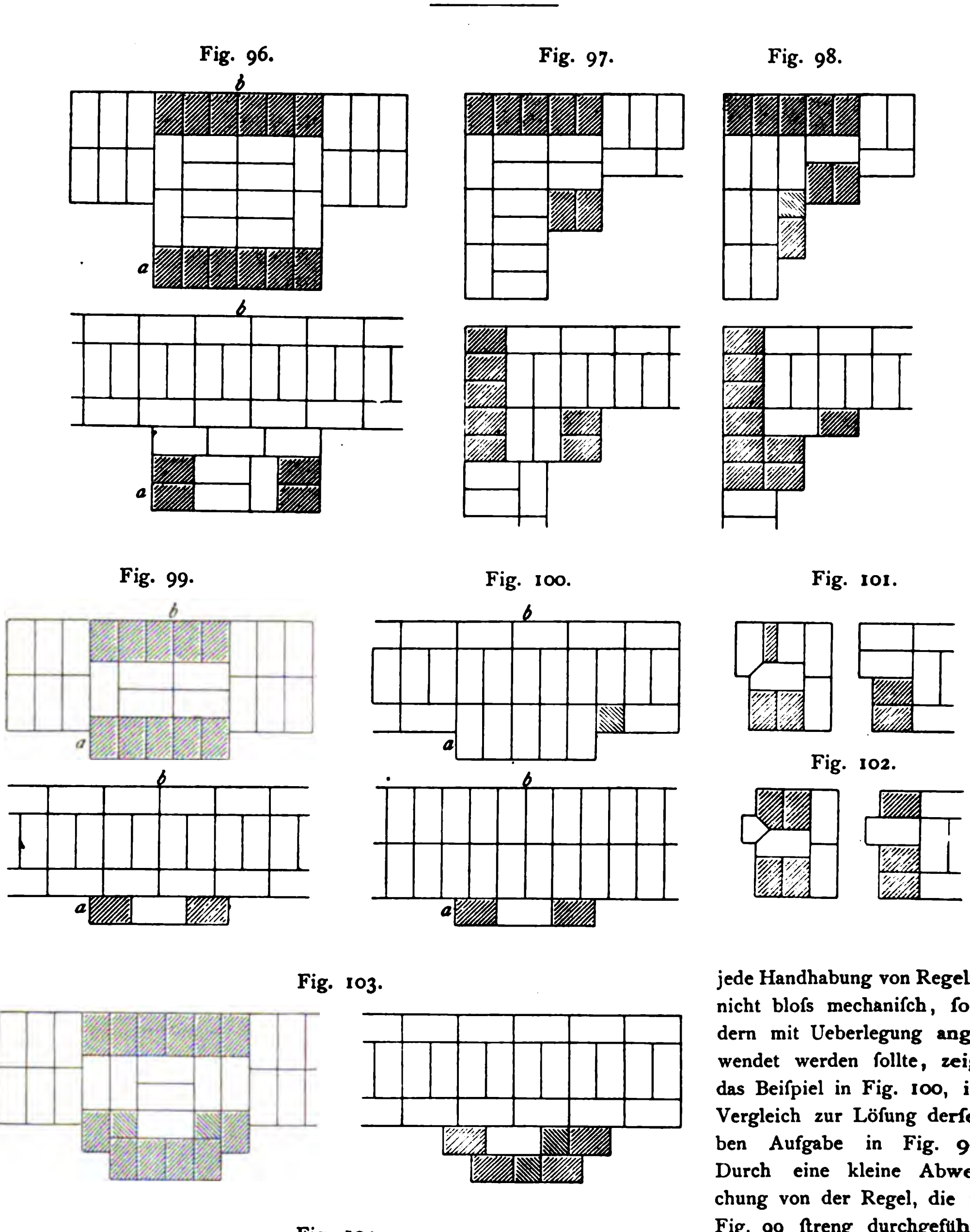


Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98.

Fig. 99. Fig. 100. Fig. 101.

Fig. 102.

Fig. 103.

Fig. 104.

jede Handhabung von Regeln, nicht blofs mechanifch, fondern mit Ueberlegung angewendet werden follte, zeigt das Beifpiel in Fig. 100, im Vergleich zur Löfung derfelben Aufgabe in Fig. 99. Durch eine kleine Abweichung von der Regel, die in Fig. 99 ftreng durchgeführt ift, wurde eine ganz wefentliche Herabminderung des Verbrauches an Dreiquartieren und vermehrte Verwendung von ganzen Steinen erzielt.

In Fig. 94, 96, 99, 100 u. 103 find Beifpiele von Pfeilervorlagen, in Fig. 104 ein folches einer äufseren und in Fig. 97 u. 98 folche von inneren Eckverftärkungen gegeben. Fig. 95 zeigt eine Nifchenbildung.

50. Thür- und Fenſterpfeiler.

Die Thür- und Fenſterpfeiler erhalten im reinen Backſteinbau nach dem Lichten der Oeffnung zu Vorlagen, ebenfalls von Backſteinen, welche den Anſchlag der Oeffnungsverſchlüſſe bilden ſollen. Die Breite des Anſchlages, ſo wie die Tiefe und Bildung der Laibung der Oeffnung wechſeln nach Bedürfniſs, deſsgleichen die Länge der Pfeiler. Verſchiedene Verhältniſſe ſind in den Beiſpielen Fig. 101, 102, 105 bis 109 berückſichtigt, die keiner beſonderen Erläuterung bedürfen. Nur zu Fig. 107 ſei bemerkt, daſs darin die Länge des Pfeilers einer Zahl von halben Steinlängen plus einer Viertelſteinlänge entſpricht und ſich daraus die einfache Umgeſtaltung der Verbandanlage von Fig. 106 ergiebt.

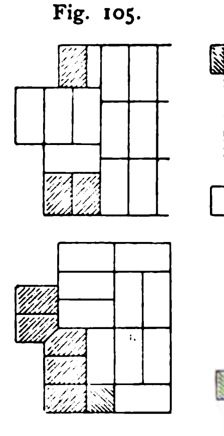


Fig. 105.

Fig. 106.

Fig. 107.

Fig. 108.

Fig. 109.

Ueber die Art und Weiſe, wie die leicht aus dem Verband lösbaren Quartierſtücke des Anſchlages durch Formſteine zu vermeiden ſind, wird das Nöthige in Abth. III, Abſchn. 1, B (bei Beſprechung der Wand-Oeffnungen) mitgetheilt werden.

51. Freiſtützen ohne Vorlagen.

Die Verbände für Freiſtützen oder frei ſtehende Pfeiler ergeben ſich ſofort, wenn man dieſelben als kurze Mauerſtücke anſieht, durch Aneinanderſchieben der betreffenden lothrechten Mauerendigungen. Da bei den Pfeilern die Belaſtung der Flächeneinheit in der Regel gröſser iſt, als bei Mauern, ſo iſt namentlich bei ihnen der Verband möglichſt correct und aus möglichſt vielen groſsen Stücken herzuſtellen, und daher beſonders bei Freiſtützen der unſolide Verband mit Quartierſtücken und Längsquartieren zu vermeiden oder auf Fälle zu beſchränken, wo er nicht zu umgehen iſt. Deſswegen ſind denn auch hier keine derartigen Beiſpiele gegeben worden.

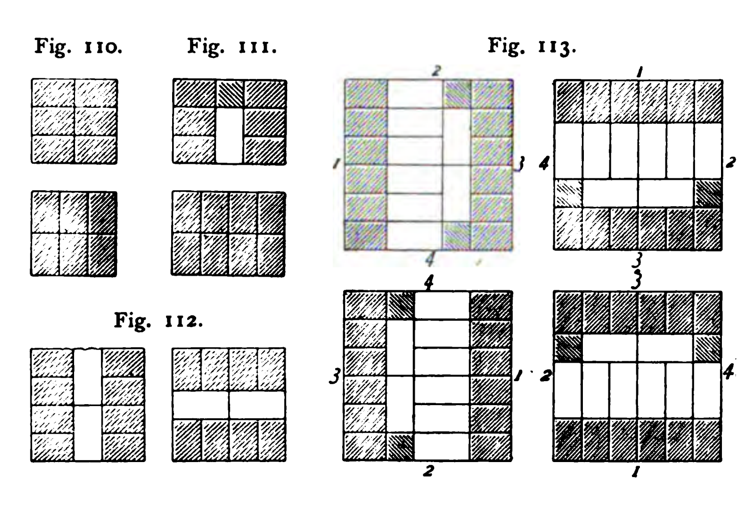


Fig. 110. Fig. 111. Fig. 112. Fig. 113.

Wie die beigefügten, nur mit Hilfe von Dreiquartieren, bezw. Zweiquartieren conſtruirten Beiſpiele (Fig. 110 bis 113) zeigen, ergiebt ſich bei Pfeilern mit quadratiſchem Grundriſs der Verband der zweiten Schicht aus dem der erſten ſofort durch Drehung um 90 Grad. Das Kreuzverbandsmuſter kann erſt zur Anwendung gelangen, wenn eine

Seite des Pfeilers mindeſtens 3 Steine lang iſt. In Fig. 113 iſt derſelbe an einer quadratiſchen Freiſtütze von 3 Stein Seitenlänge in ſeinen vier Schichten durchgeführt. Es ergiebt ſich hierbei auch eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Es iſt dies durch die Numerirung der Seiten verdeutlicht.

52.
Freiſtützen mit Vorlagen.

Freiſtützen mit rechteckigem Kern und Vorlagen auf drei oder allen vier Seiten entſprechen dem rechtwinkeligen Anſtoſs oder der Durchkreuzung von zwei Mauern mit nahe gerückten lothrechten Endigungen und bieten daher nichts Neues für die Betrachtung. Eben ſo iſt es mit Pfeilern von unregelmäſsigem Grundriſs, die nach den allgemein giltigen Regeln für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken zu behandeln ſind. Wir können uns daher hier auf Vorführung einiger oft vorkommenden Beiſpiele (Fig. 114 bis 120) von Freiſtützen mit quadratiſchem Kern und allſeitigen gleich groſsen Vorlagen, den ſog. Kreuzpfeilern, beſchränken.

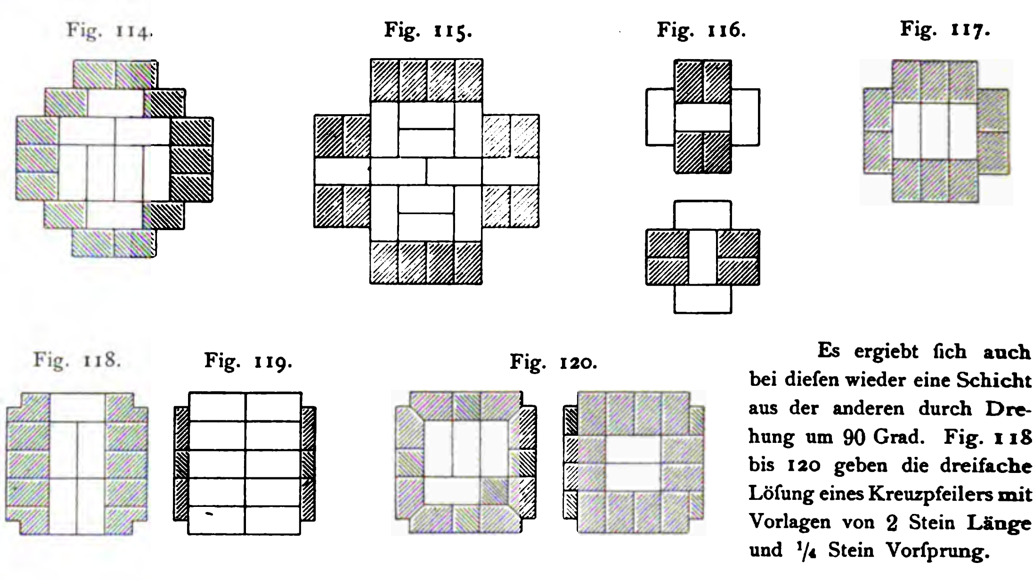


Fig. 114. Fig. 115. Fig. 116. Fig. 117.

Fig. 118. Fig. 119. Fig. 120.

Es ergiebt ſich auch bei dieſen wieder eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Fig. 118 bis 120 geben die dreifache Löſung eines Kreuzpfeilers mit Vorlagen von 2 Stein Länge und 1/4 Stein Vorſprung.

5) Mauerkörper mit rechtwinkeligen Hohlräumen.

53.
Hohles Mauerwerk.

In den Mauerkörpern ſind vielfach vertical aufſteigende Höhlungen anzubringen, und zwar einestheils zur Herſtellung von Rauch-, Heiſsluft- und Lüftungs-Canälen, ſo wie zur Unterbringung von Waſſer-, Heiz- und anderen Rohren, anderentheils aber, um in den Mauern iſolirende Luftſchichten zur Warm- und Trockenhaltung der Gebäude und zur Verhinderung der Fortpflanzung des Schalles zu beſchaffen, bezw. um Mauermaterial zu ſparen. — Die aufſteigenden Canäle zu den angegebenen Zwecken können einzeln oder auch in Gruppen in Mauern oder Pfeilern angeordnet werden. Sie können rechtwinkeligen, polygonalen oder runden Querſchnitt haben. Wir beſchäftigen uns hier zunächſt nur mit den rechteckigen, während bezüglich der anderen Querſchnittsformen auf das bei den polygonalen und runden Mauerkörpern mit Hohlräumen Folgende, ſo wie auf das in Theil III, Band 4 dieſes »Handbuches« (Abth. IV, Abſchn. 4, B, Kap. 4, c) Geſagte verwieſen werden kann.

54.
Verticale Canäle in Mauern.

Die Querſchnitte rechtwinkeliger, vertical aufſteigender Canäle ſind zwar vom Zwecke abhängig und werden häufig durch Berechnung beſtimmt; immerhin ſollten dieſelben aber zur Erleichterung der Conſtruction ſo bemeſſen werden, daſs die Dimenſionen zu den Ziegelformaten in einer gewiſſen Beziehung ſtehen. Es ergeben ſich daher gewiſſe, oft wiederkehrende Querſchnittsformen, die ſich von 1/4 Stein zu 1/4 Stein abſtufen. So z. B. 1/2 Stein × 1/2 Stein, 1/2 Stein × 1 Stein, 3/4 Stein × 3/4 Stein,

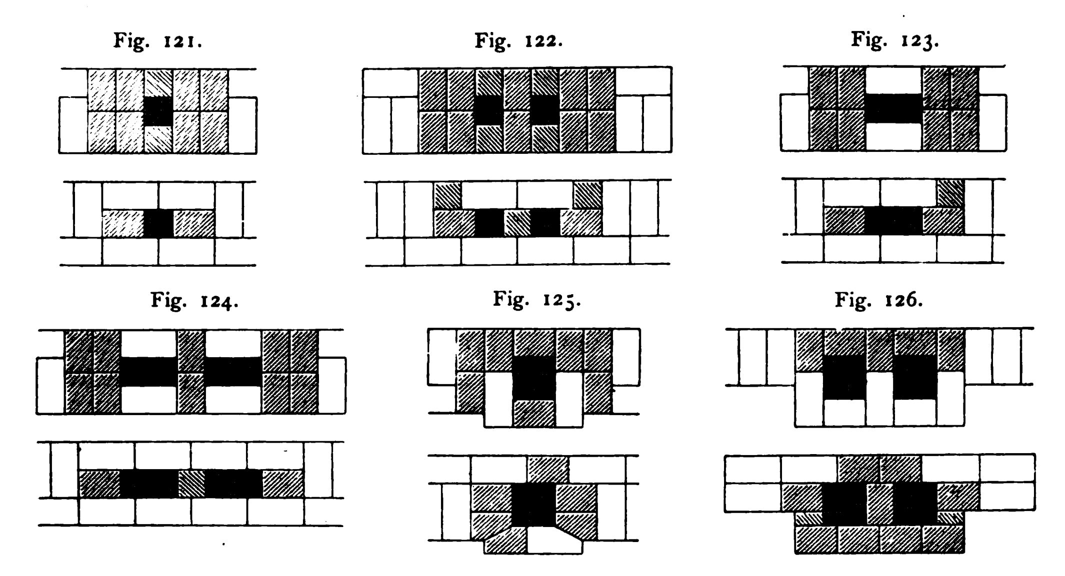


Fig. 121. Fig. 122. Fig. 123. Fig. 124. Fig. 125. Fig. 126.

1 Stein × 1 Stein etc. Die angeführten Mafse find auch die für die engen, fog. ruffifchen Schornfteine üblichen, namentlich $^3/_4$ Stein × $^3/_4$ Stein, während für die weiten, befteigbaren Schornfteine die Dimenfionen $1^3/_4$ Stein × $1^3/_4$ Stein und 2 Stein × 2 Stein (deutfches Normal-Ziegelformat vorausgefetzt; wegen der Befteigbarkeit ift man an gewiffe abfolute Mafse gebunden) gebräuchlich find. Die Wandungen, fo wie die Scheidewände (Zungen) mehrerer neben einander liegenden Canäle werden in der Regel $^1/_2$ Stein ftark gemacht. Diefe Canäle müffen nicht nur im Allgemeinen ununterbrochen lothrecht auffteigen (wenn man nicht aus irgend welchen Gründen fie in der Richtung der Mauer zu ziehen genöthigt wird); fie müffen auch mit dem anftofsenden Mauerwerk in regelrechtem Verband angelegt werden. Diefen regelrechten Verband erlangt man am beften,

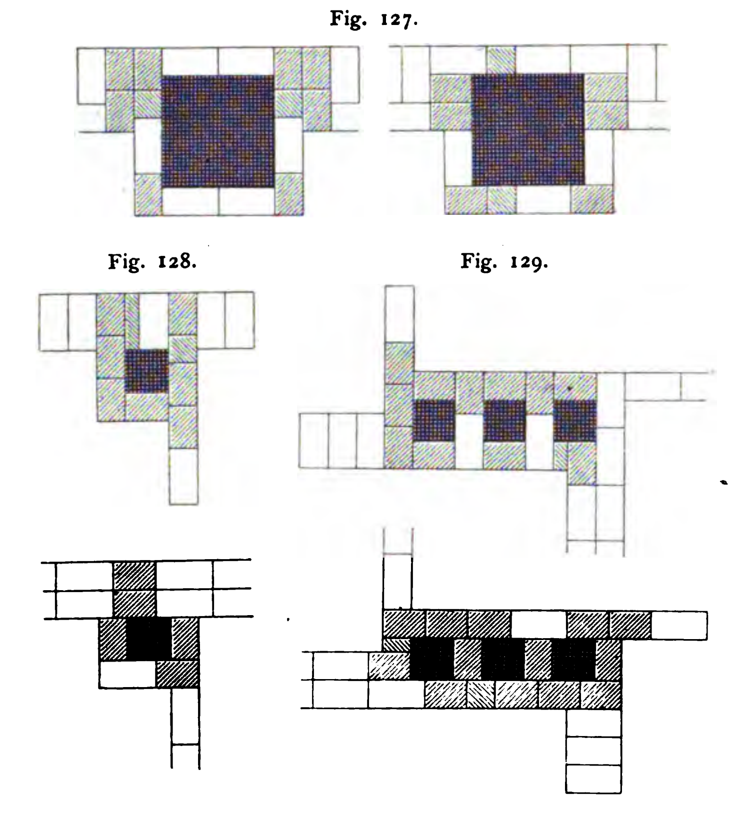


Fig. 127. Fig. 128. Fig. 129.

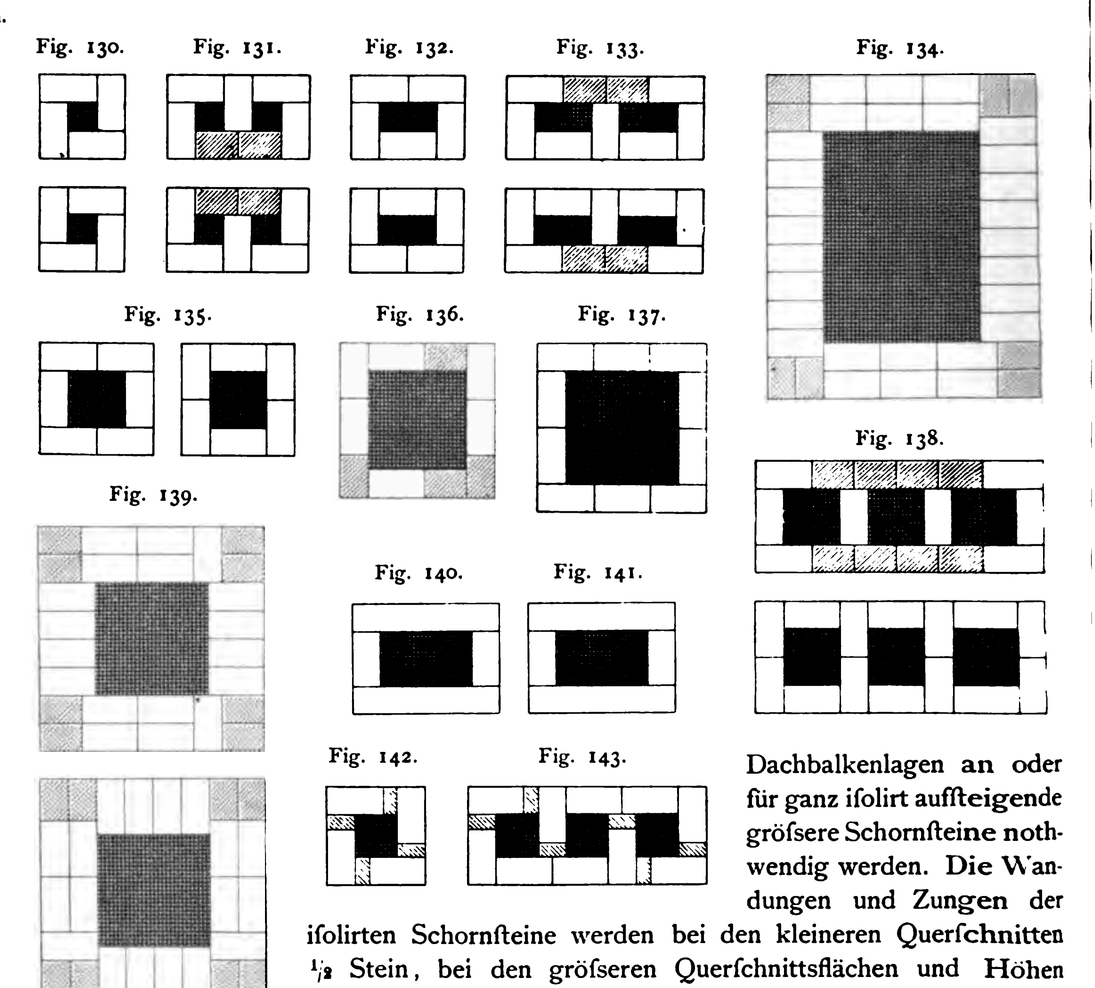
wenn man ftreng nach den für beliebige Mauerkörper angegebenen Regeln verfährt und zur Erleichterung des Verfahrens die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Ecken und Winkeln in Streifen zerlegt, deren Enden mit in der

Richtung der Streifen liegenden Dreiquartieren in der dem fpeciellen Fall entfprechenden Zahl befetzt werden. In den auf einander folgenden Schichten mufs natürlich die Richtung der Parallelen wechfeln; auch ift auf richtigen Stofsfugenwechfel bei Herftellung der $^1/_2$ Stein ftarken Canalwände zu achten. Im Uebrigen wird auf das früher Gefagte verwiefen. Bei den Canälen, deren Dimenfionen nur in Viertelfteinlängen ausdrückbar find, ift die Anwendung von Quartierftücken nicht zu umgehen. Beifpiele für Canäle, einzeln oder zu zweien neben einander, in der Mauerftärke untergebracht oder Vorfprünge vor denfelben bildend, liefern Fig. 121 bis 127. Die Verbandweife bei mehr als zwei neben einander liegenden Canälen ift fehr leicht aus der für zwei dergleichen gegebenen zu ermitteln. Beifpiele für Verbände mit Anwendung von Längsquartieren und für quadratifche Canäle von 1 Stein Weite finden fich in Theil III, Band 4 diefes »Handbuches« (S. 149).

Fig. 128 u. 129 bieten Beifpiele für die Anordnung von Canälen in Mauerkreuzungen. Sie find hierbei oft, wie Fig. 129 zeigt, bei gefchickter Dispofition der Mauern, fo anzubringen, dafs fie keine Vorfprünge in den Räumen bilden.

55.
Verticale Canäle in Pfeilern.

Mit Mauern nicht in Verbindung gebrachte Canäle, einzeln oder in Gruppen neben einander, bilden Hohlpfeiler, wie fie namentlich für Schornfteine von den



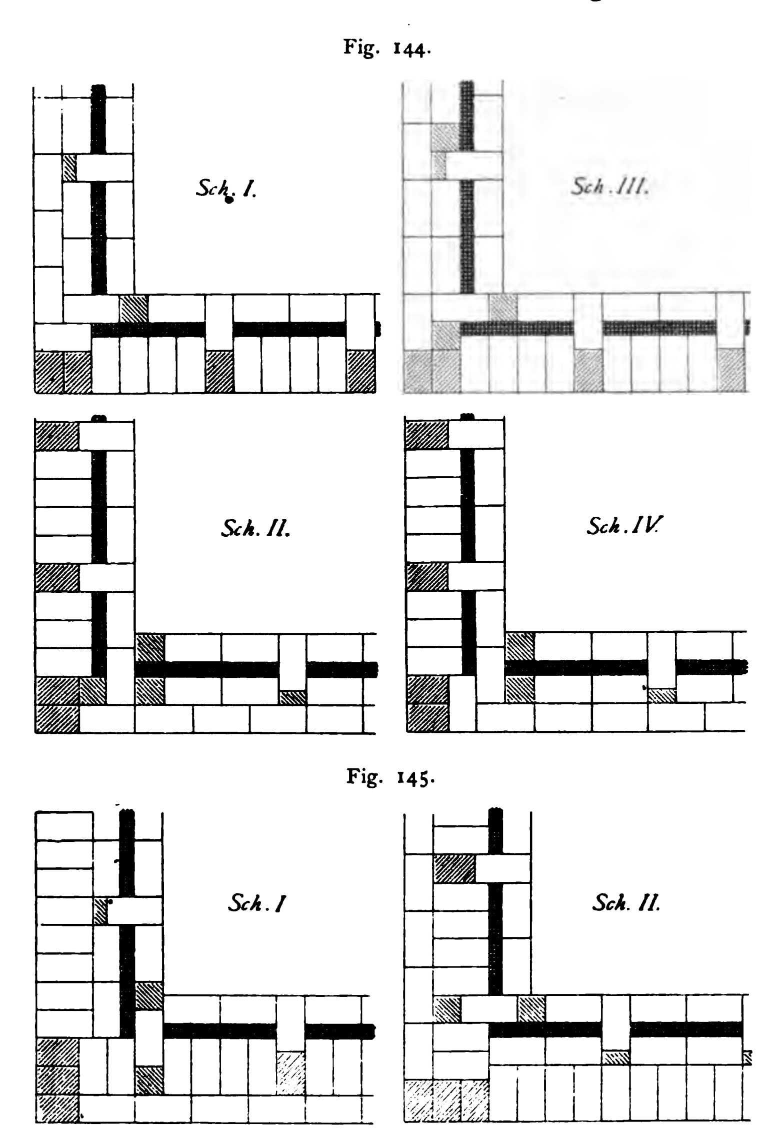
Dachbalkenlagen an oder für ganz ifolirt auffteigende gröfsere Schornfteine nothwendig werden. Die Wandungen und Zungen der ifolirten Schornfteine werden bei den kleineren Querfchnitten $^1/_2$ Stein, bei den gröfseren Querfchnittsflächen und Höhen 1 Stein und darüber ftark gemacht. Bei den $^1/_2$ Stein ftarken

Wandungen wird der früher befprochene Läufer- oder Schornfteinverband angewendet. Beifpiele für verfchiedene Dimenfionen der Canäle, einzeln und zu mehreren neben einander, bieten Fig. 130 bis 133, 135 bis 138, 142 u. 143.

Fig. 134 u. 139 geben Beifpiele von gröfseren Querfchnittsflächen und 1 Stein ftarken Wandungen. In Fig. 139 ift der Hohlraum quadratifch von 2 Stein Seitenlänge, in Fig. 134 rechteckig von $2^3/_4 \times 3^3/_4$ Stein Seitenlänge. Die Eckanlagen mit Dreiquartieren find für beide Fälle verfchieden. Die Anordnung der Eckfugen für ähnliche Fälle ift aus den fchematifchen Figuren 140 u. 141 erfichtlich. Fig. 141 giebt die Anordnung, wenn die Seiten-Dimenfionen durch halbe Steinlängen ohne Reft mefsbar find, Fig. 140 dagegen die Anordnung, wenn die Seiten fich nur durch Viertelfteinlängen ausdrücken laffen.

56. Hohlmauern.

Wie fchon angeführt, werden Mauern mit Hohlräumen, die fog. Hohlmauern, hergeftellt, um in ihnen ifolirende Luftfchichten zu erhalten oder fie in ihrer Materialmaffe zu verringern. Der erftere Grund wird namentlich bei Umfaffungsmauern vorliegen, der zweite befonders bei Scheidemauern aus conftructiven oder ökonomifchen Rückfichten. In beiden Fällen kann es nicht, wie bei den Canälen, darauf ankommen, dafs die Hohlräume ununterbrochen vertical durchlaufen; im Gegentheile, es werden bei der grofsen Längenerftreckung derfelben (fie find fo lang wie die Mauern zu machen) Unterbrechungen durch Steine nothwendig, welche die beiden Frontfeiten zufammenbinden, um ihnen den durch die Hohlräume genommenen Theil ihrer Stabilität wieder zurückzugeben. Bei den Umfaffungsmauern mit ifolirenden Luftfchichten hält man in der Regel die äufsere Hälfte mindeftens 1 Stein ftark, weil man die Stärke von



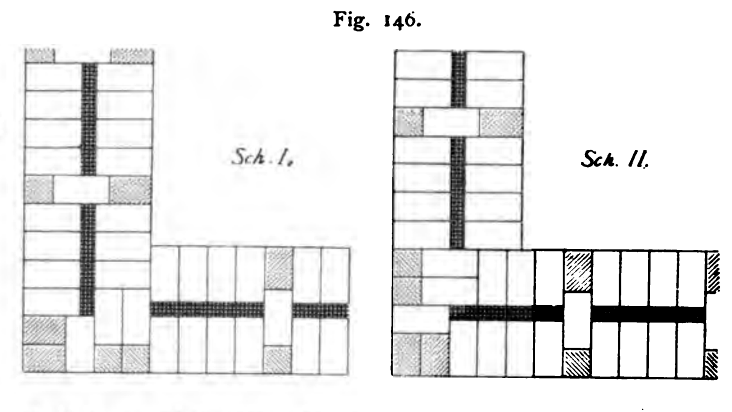


Fig. 146.

$^1/_2$ Stein gegen das Durchfchlagen der Feuchtigkeit für nicht genügend erachtet. Der innere Theil ergiebt fich dann bei Mauern von nur $1\,^1/_2$ Stein Stärke $^1/_2$ Stein dick, was für diefen Theil, wenn er Balken zu tragen hat, zu wenig ift. Diefer Gegenftand wird ausführlich in Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2 befprochen werden. Der Luftfchicht giebt man $^1/_4$ Stein oder $^1/_2$ Stein Breite.

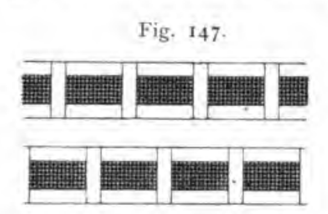
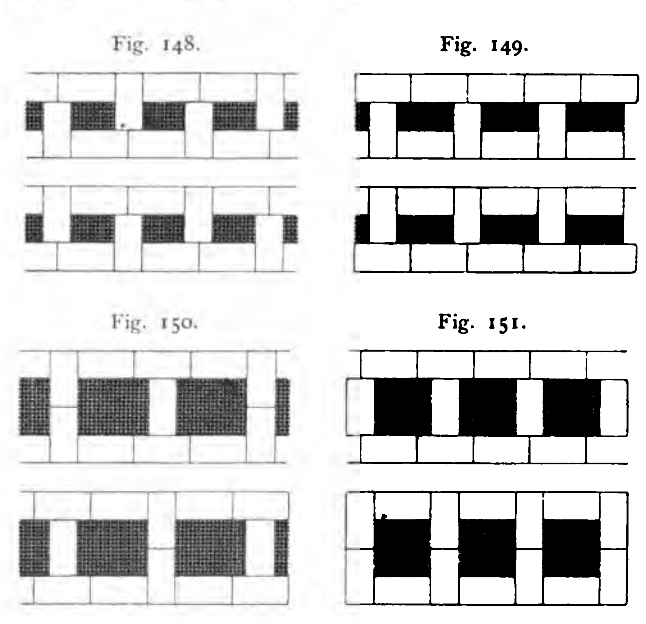

Fig. 147.

Fig. 144 zeigt die zur Einrichtung des Kreuzverbandes an den Aufsenfeiten nothwendigen vier Schichten der mit Luftfchicht $1\,^3/_4$ Stein ftarken Mauern einer Gebäudeecke, Fig. 145 die zwei Schichten für die im Blockverband herzuftellende Ecke zweier mit Luftfchicht $2\,^1/_4$ Stein ftarken Mauern. Die Durchbinder oder Ankerfteine, welche die beiden Fronten der Mauern zufammenhalten, find in Abftänden von ca. 2 Steinlängen anzuordnen.

Bei den $2\,^1/_4$ Stein ftarken Mauern läfft fich der Hohlraum auch in die Mitte legen und dann mit Vortheil der Binderverband verwenden (Fig. 146). Es hat diefe Anordnung noch den Vorzug, dafs für die Stockwerksgebälke in dem 1 Stein ftarken inneren Theil eine folide Untermauerung gefchaffen wird.


Fig. 148. Fig. 149. Fig. 150. Fig. 151.

Bei denjenigen Hohlmauern, die nicht Schutz gegen von einer Seite zur Wirkung gelangende Feuchtigkeit bieten follen, wie dies in der Regel bei Scheidemauern der Fall ift, und die nicht als Trag- oder Stützwände zu dienen haben, können die beiden Fronten unbedenklich $^1/_2$ Stein ftark gehalten werden. Es ergiebt fich dann bei regelmäfsiger Anordnung von Binderfteinen ein Verband, den man als Käftelverband bezeichnet. Unter Umftänden können dabei auch hochkantig geftellte Steine zur Verwendung gelangen. Es gewährt dies die Möglichkeit der Herftellung von 1 Stein ftarken Mauern als Hohlmauern (Fig. 147). Beifpiele von $1\,^1/_2$ Stein ftarkem Käftelmauerwerk geben Fig. 148 u. 149, von folchem 2 Stein

ſtark dagegen Fig. 150 u. 151. Es geht aus dieſen Beiſpielen hervor, daſs ſich das Käſtelmauerwerk auf verſchiedene Weiſe herſtellen läſſt [30]).

6) Mauerkörper mit ſchiefen Ecken und Winkeln.

57. Grundſätze.

Da die Geſtalt der gewöhnlichen Backſteine ohne Weiteres die Bildung von ſchiefwinkeligen Mauerkörpern nicht zuläſſt, ſo müſſen dieſelben zu dieſem Zweck entſprechend zugehauen werden, oder man muſs ſich beſonderer Formſteine bedienen. Wie ſchon bei Gelegenheit der Beſprechung des ſchiefwinkeligen Zuſammenſtoſses von Mauern ausgeführt wurde, verlieren die Mauerſteine beim Verhauen an gutem Ausſehen, an Feſtigkeit und an Witterungsbeſtändigkeit. Es wird daher das Verhauen der Steine nur dann zuläſſig erſcheinen, wenn der Bedarf an zugehauenen Steinen ein geringfügiger iſt oder wenn die Mauerflächen geputzt werden. Aber auch in letzterem Falle wird man die Anwendung von ſehr kleinen Stückchen, ſo wie den ſpitzwinkeligen Auslauf der Fugen in den Auſsenflächen zu vermeiden ſuchen müſſen.

In allen Fällen, wo ſchiefe Winkel an einem Bauwerke in gleicher Gröſse oft wiederkehren, namentlich bei Backſtein-Rohbauten, wird ſich die Verwendung von Formſteinen für die Ecken empfehlen. Auſser der Beachtung der allgemein giltigen Verbandregeln werden hierbei für die Bildung dieſer Formſteine gewiſſe Grundſätze feſt zu halten ſein, welche etwa die folgenden ſind: Die Formſteine ſollen die Gröſse der gewöhnlichen Backſteine nicht weſentlich überſteigen (die Dicke iſt immer genau beizubehalten); der Verband iſt mit möglichſt wenigen verſchiedenen Formſteinen herzuſtellen; die Stoſsfugen ſollen normal zu den Auſsenflächen der Mauerkörper laufen.

58. Thür- und Fenſterlaibungen.

Ein ſehr häufig vorkommender Fall, bei dem man ſich aber in der Regel der gewöhnlichen Backſteine bedienen wird, iſt die Anordnung von abgeſchrägten Laibungen der Thür- und Fenſterpfeiler. Das gewöhnliche Verfahren hierbei iſt das in Fig. 152 dargeſtellte, wonach man ſich zunächſt den Verband für rechtwinkelige Laibungen aufſucht und durch die gewünſchte Schräge der Laibung die von den Mauerenden abzuhauenden Steinſtücke beſtimmt. Ein anderes Verfahren giebt Fig. 153; es ſind dabei ſo gut, als es ging, die Regeln für ſtumpfwinkelige Mauerecken befolgt, die Stoſsfugen faſt alle normal zu den äuſseren Mauerfluchten, die ſpitzen Winkel der Steine möglichſt in das Innere des Mauerkörpers verlegt worden. Trotz dem iſt zuzugeben, daſs durch dieſes Verfahren ohne Verwendung von Formſteinen keine groſsen Vortheile zu erzielen ſind.

Fig. 152.

Fig. 153.

Fig. 154.

59. Dreieckige Pfeilervorlagen.

Seltener iſt der Fall, daſs Mauerfluchten unter ſchiefen Winkeln einſchneidende Pfeilervorlagen einzubinden ſind. Das Einbinden erfolgt dann etwa in der in Fig. 154 mitgetheilten Weiſe.

[30]) Ueber die Herſtellung von Hohlmauern mit Hilfe von Hohlſteinen wird ſpäter (Abth. III, Abſchn. 1, Kap. 2) die Rede ſein.

60. Polygonale Freiſtützen.

Häufiger ſind polygonale Freiſtützen herzuſtellen, und unter dieſen am häufigſten regelmäſsig achteckige. Fig. 155 giebt eine Schicht einer ſolchen von $2^1/_2$ Stein Stärke für Herſtellung aus gewöhnlichen Backſteinen. Durch fortgeſetzte Drehung dieſer Schicht um 45 Grad kann ein vierfacher Wechſel der Fugenrichtung in vier auf einander folgenden Schichten erzeugt werden. Es entſpricht demnach dieſe Verbandanordnung allen Anforderungen an Fugenverwechſelung und Ueberdeckung der Steine in den auf einander folgenden Schichten, während ſie andererſeits in dem ſtark ſpitzwinkeligen Auslauf der ſtark verhauenen vier Eckſteine einen bedeutenden Mangel aufweist. Dieſer ſonſt bequem einzurichtende Verband wird daher nur dann anzuwenden ſein, wenn es ſich um Herſtellung weniger und zu putzender Pfeiler handelt. Für andere Fälle iſt die Verwendung von Formſteinen entſchieden anzurathen. Derartige Beiſpiele bieten Fig. 156 u. 157.

Fig. 155.

Fig. 156.

Fig. 157.

Sch I · Sch II · Sch. III · Sch. IV

Fig. 156 zeigt die Verwendung von nur einer Art Formſteinen in allen Schichten, während alle übrigen Steine gewöhnliche Mauerſteine, bezw. Dreiquartiere ſind. In Fig. 157 ſind drei verſchiedene Sorten Formſteine benutzt worden und dabei ein Fugenwechſel erzielt, der dem des Kreuzverbandes entſpricht. Die Einrichtung des Verbandes iſt dabei eine ſehr leichte.

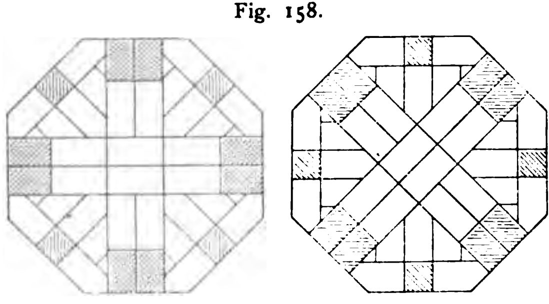
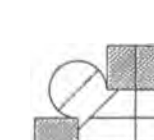


Fig. 158.

In Fig. 158 iſt eine Freiſtütze von $4^1/_2$ Stein Stärke dargeſtellt. Die zweite Schicht iſt durch Drehung der erſten um 45 Grad erzielt. Das Princip der Verbandbildung bei dieſem Beiſpiel iſt auch für noch ſtärkere Pfeiler anwendbar. Es wird nur eine Sorte Formſteine für die Ecken nothwendig.

61. Gegliederte Freiſtützen.

Reicher gegliederte Freiſtützen mit Vorlagen an den Polygonſeiten oder mit Dienſten beſetzte Pfeiler, wie ſie als Stützen von Gewölben oft nothwendig werden, deren auf eine Andeutung zu beſchränkende Behandlung ſich am beſten hier an-



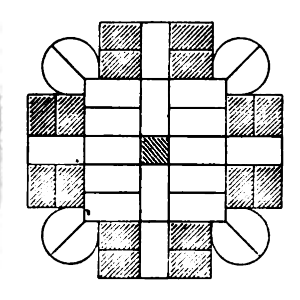


Fig. 159.

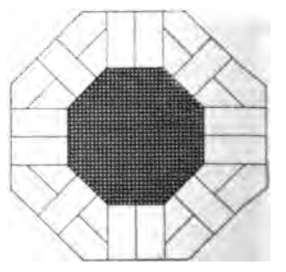
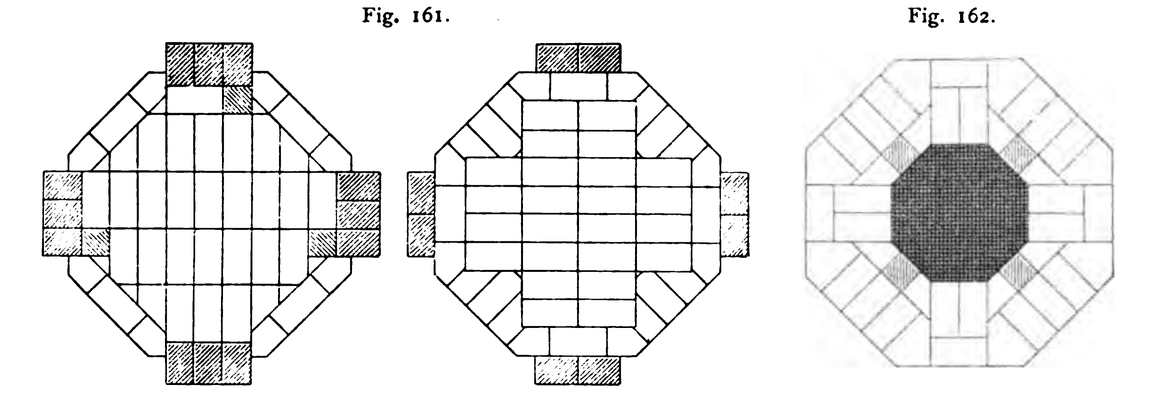


Fig. 160.

Fig. 161. Fig. 162.



ſchlieſst, ſind immer nur mit Formſteinen und als Rohbau auszuführen. Fig. 159 u. 161 mögen als Beiſpiele genügen[31]).

62.
Polygonale Hohlpfeiler.

Auch unter den polygonalen Hohlpfeilern, welche ſo oft als Fabrikſchornſteine Verwendung finden, ſind die von regelmäſsig achteckigem Grundriſs die häufigſten. Es werden bei dieſen, wie bei allen anderen, zunächſt die Regeln angewendet werden müſſen, welche früher für die Bildung der ſtumpfwinkeligen Ecken mitgetheilt wurden, wenn gleich hier die zuſammenſtoſsenden Mauern nur ſehr kurz ſind. Es ergeben ſich dann die in Fig. 160 u. 162 vorgeführten Verbände eines Schornſteines, deſſen innere Achteckſeite 1 Stein lang iſt (der Durchmeſſer des eingeſchriebenen Kreiſes iſt dann gleich 2,414 Steinlängen) und deſſen Wandſtärken 1 Stein oder 1½ Stein betragen. Die zweiten Schichten ſind ſofort durch Drehung der erſten um 45 Grad zu erlangen.

7) Runde Mauerkörper.

63.
Gekrümmte Mauern.

Für die Herſtellung von runden Mauerkörpern empfiehlt ſich faſt mehr noch als für polygonale die Verwendung von Formſteinen, welche an den in den Mauerfluchten oder concentriſch zu dieſen liegenden Seiten die entſprechende Krümmung und normal zur Krümmung gerichtete Stoſsfugen, alſo die Form von Ringſtücken beſitzen müſſen. Würde man zur Herſtellung runder Mauerkörper die gewöhnlichen rechteckigen Mauerſteine verwenden, ſo erhielte man in jeder Schicht anſtatt der gebogenen Flucht eine polygonale. Die Läuferſchichten würden von der Bogenform noch mehr abweichen als die Binderſchichten, weil ſie nur die halbe Seitenzahl erhielten als die letzteren. Bei groſsen Krümmungs-Radien würden allerdings die Abweichungen von der cylindriſchen Mauerflucht ſo gering ausfallen, daſs ſie nicht ſtören könnten.

Fig. 163.

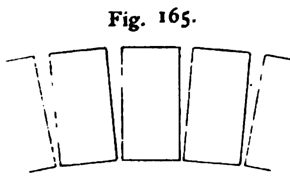
Fig. 164.

Dieſe Abweichung könnte noch vermindert werden, wenn man anſtatt eines Verbandes mit wechſelnden Läufer- und Binderſchichten nur den Binderverband wählte. In Fig. 163 iſt dieſer Verband für eine 1 Stein ſtarke Mauer, in Fig. 164 jener für eine 1½ Stein ſtarke Mauer gegeben. Im letzteren Falle kamen abwechfelnd auſsen und innen Zweiquartiere zur Verwendung.

31) Zahlreiche Beiſpiele finden ſich in dem ſchon in Fuſsnote 26 (S. 30) citirten Werke von *Fleiſchinger & Becker*, dem auch Fig. 159 u. 161 nachgebildet ſind.

Aber auch bei diefer Verbandweife ergeben fich nothwendig von innen nach aufsen zu fich verbreiternde Stofsfugen (Fig. 165). Die Keilform der Stofsfugen wird fich mit abnehmendem Krümmungs-Radius verftärken. Es wäre nun zu unterfuchen, bis zu welchem Minimal-Radius herab man bei gegebener Steingröfse gekrümmte Mauern ausführen könnte, ohne dafs die Keilform der Stofsfugen unzuläffig grofs würde, oder welcher geringfte Radius fich ergiebt, wenn man ein Maximalmafs für die Verbreiterung der Fuge von vornherein feft ftellt.

Fig. 165.



Wir wollen den letzteren Weg einfchlagen und annehmen, dafs die Stofsfugen an der äufseren Mauerflucht das Mafs von 15 mm nicht überfteigen, an der inneren Flucht aber nicht unter 7,5 mm herabgehen dürfen. Unter Fefthaltung des Binderverbandes erhalten wir dann, wie Fig. 166 nachweist, bei der 1 Stein ftarken Mauer die Proportion

$$135 : 127{,}5 = (250 + r) : r,$$

daraus $$r = \frac{127{,}5 \cdot 250}{7{,}5} = 4{,}25\,\text{m},$$

Fig. 166.

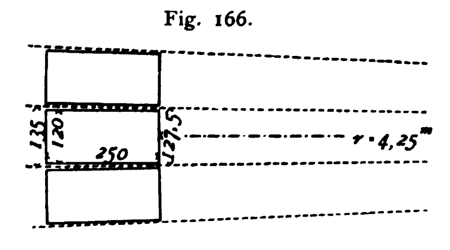
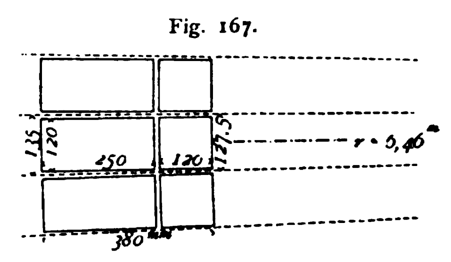


Fig. 167.



wobei r den lichten Radius des gekrümmten Mauerwerkes bezeichnet. Nach Fig. 167 erhalten wir für die $1^1/_2$ Stein ftarke Mauer

$$135 : 127{,}5 = (380 + r) : r$$

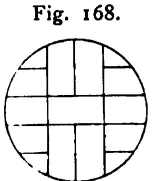
und $$r = \frac{127{,}5 \cdot 380}{7{,}5} = 6{,}46\,\text{m}.$$

Es würden alfo unter den gemachten Vorausfetzungen 1 Stein ftarke Mauern mindeftens einen Radius von 4,25 m = 17 Steinlängen und $1^1/_2$ Stein ftarke Mauern einen Minimal-Radius von ca. 6,5 m = 26 Steinlängen erfordern. Auch für noch ftärkere Mauern ergiebt fich als ungefähres Verhältnifs zwifchen Mauerftärke und Radius 1 : 17. Für kleinere Radien oder vielmehr bei gekrümmten Mauern, deren Stärke gröfser als $^1/_{17}$ des lichten Radius ift, wird fich unbedingt das Verhauen der Steine oder noch mehr die Anwendung der befchriebenen Formfteine empfehlen. Mit den letzteren laffen fich dann die gekrümmten Mauern ganz in denfelben Verbänden, wie die geraden ausführen.

64. Runde Freiftützen.

Die Herftellung von Rundpfeilern aus gewöhnlichen Backfteinen giebt fehr fchlechte Refultate, wie das Beifpiel in Fig. 168 zeigt, bei welchem allerdings ein Wechfel von vier Schichten ganz verbandgerecht durch fortgefetzte Drehung um 45 Grad erzielt werden kann. Wenn nun auch die Verwechfelung der Fugen eine regelrechte ift, fo entfpricht doch der Verband anderen nicht minder wichtigen Forderungen nur in geringem Grade.

Fig. 168.



Es find in jeder Schicht nur zwei centrale Stofsfugen vorhanden; alle anderen treffen unter zum Theile fpitzem Winkel die Peripherie. Nur ein Stein (der in der Mitte) braucht nicht verhauen zu werden, bei allen übrigen ift dies nothwendig; dabei kommen alle behauenen Flächen in den Umfang zu liegen und eben dahin noch eine Anzahl fehr kleiner Stücke.

In Folge deffen wird fich, abgefehen von fonftigen Nachtheilen, trotz des gröfsten Aufwandes von Mühe und Sorgfalt Seitens des Maurers, immer nur ein fehr

unvollkommen geſtalteter Säulen-Cylinder ergeben. Es wird in ſolchen Fällen die Verwendung von Formſteinen auch pecuniär ſich lohnen, namentlich wenn man ſolche nur an der Peripherie verwendet, den Kern aber aus gewöhnlichen Backſteinen herſtellt, wie das Fig. 172 zeigt. In Fig. 169 iſt der Formſteinverband für einen 2 bis $2^1/_2$ Stein ſtarken Rundpfeiler in ſeinen zwei Schichten dargeſtellt, wobei man mit zwei Sorten von Formſteinen auskommt.

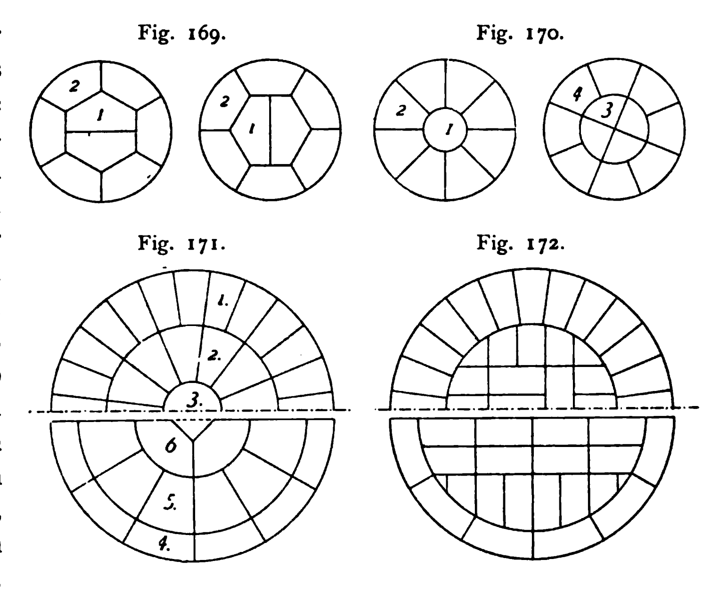


Fig. 169. Fig. 170. Fig. 171. Fig. 172.

Auch dieſer Verband iſt mangelhaft, da die ein Sechseck bildenden Zwiſchenfugen in den auf einander folgenden Schichten ſich nur wenig überdecken und in Folge deſſen innerhalb des Pfeilers ein nur wenig unter ſich verbundener Mantel und Kern ſich bilden werden. Beſſere Reſultate erzielt man bei Anwendung von vier Formſteinſorten (Fig. 170). In Fig. 171 u. 172 ſind Verbände für 5 Stein ſtarke Rundpfeiler dargeſtellt. Zur Herſtellung von Pfeilern nach Art von Fig. 171 ſind ſechs Sorten von Formſteinen erforderlich.

Als Beiſpiel iſt noch der aus Formſteinen hergeſtellte Verband der cannelirten Mittelſchiffſäulen der Baſilika zu Pompeji hinzugefügt worden (Fig. 173).

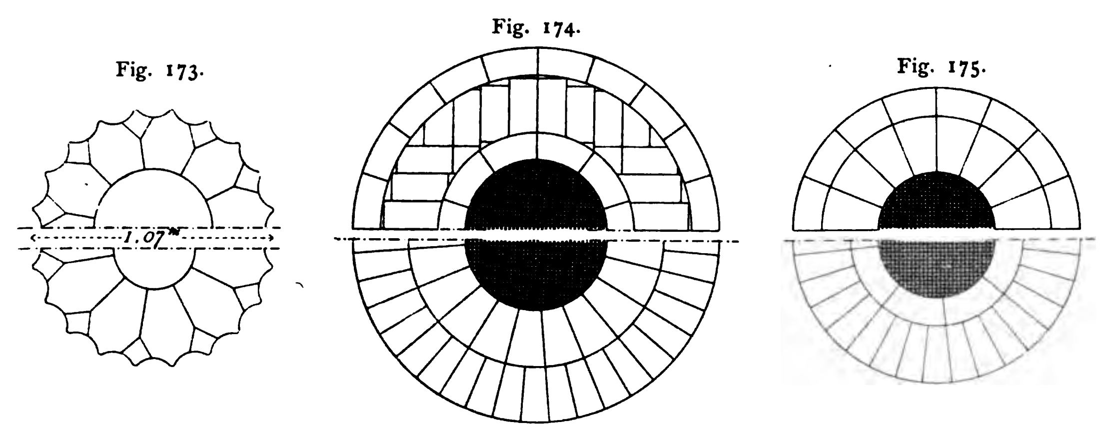


Fig. 173. Fig. 174. Fig. 175.

Von dieſen Säulen ſtehen jetzt Stümpfe von 1 bis 2 m Höhe aufrecht. Die Formſteine ſind zwar bei allen nach demſelben Syſtem gebildet; ſie ſind aber nicht überall in den Dimenſionen gleich. So haben die im Durchmeſſer wechſelnden kreisrunden Mittelſtücke 52 cm und 48 cm, bezw. 36 cm und 25 cm Durchmeſſer; dem entſprechend ſind auch die radialen Stücke verſchieden. Die Lagerfugen ſind dünn, 3 bis 5 mm dick. Die Stoſsfugen ſind ſehr verſchieden gemauert. Sie ſind bei vielen Säulen bis zu 40 mm dick zwiſchen den radialen Formſteinen; bei anderen ſind ſie wieder dünn gehalten. Ob dies eben ſo wie die verſchiedene Gröſse der Steine mit der Herſtellung der Säulenverjüngung zuſammenhängt, wird ſich nur durch genauere Unterſuchung feſt ſtellen laſſen, namentlich der Frage, ob und welche der Säulenſtümpfe nach der Ausgrabung etwa neu aufgemauert worden ſind. Die Cannelüren ſcheinen durch Zuhauen hergeſtellt worden zu ſein. Daſs die Säulen geputzt waren, braucht wohl kaum beſonders hervorgehoben zu werden.

Verfchiedene antike Säulenverbände von Backfteinen aus Pompeji und Rom find in Theil II, Band 2 diefes »Handbuches« zu finden.

65. Runde Hohlpfeiler.

Fabrikfchornfteine erhalten fehr häufig die Geftalt von Hohlpfeilern mit kreisrundem Grundrifs. Da bei folchen die Ausführung eines Putzes, fowohl innen als aufsen, unzweckmäfsig ift, fo müffen diefelben unter allen Umftänden an den äufseren und inneren Flächen aus Formfteinen hergeftellt werden (Fig. 175). Bei gröfseren Mauerftärken können dabei im Inneren des Mauerwerkes wohl auch theilweife gewöhnliche Backfteine Verwendung finden, wofür Fig. 174 ein Beifpiel giebt.

Es mag hier noch angeführt werden, dafs man in neuerer Zeit zur Herftellung von Fabrikfchornfteinen, fowohl runden als polygonalen, die Verwendung von Hohlfteinen befonders empfiehlt.

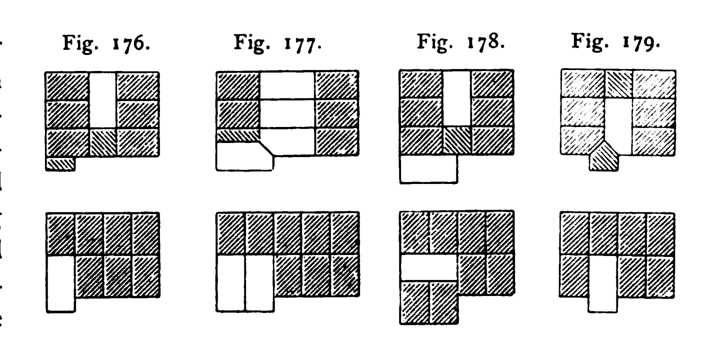
8) Bogenverband.

66. Fugenflächen und Fugenlinien.

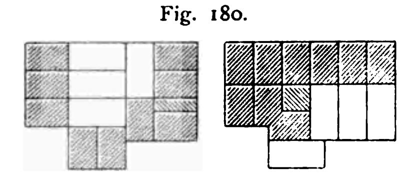
Die Stein-Conftructionen zur Ueberdeckung von Räumen und Oeffnungen müffen wie alle Mauerwerke nach den allgemeinen Gefetzen hergeftellt werden, wie fie im 1. Kapitel vorgeführt wurden. Es find danach die für diefe Zwecke zur Anwendung gelangenden Gewölbe aus Schichten herzuftellen, deren Lagerflächen im Allgemeinen normal zur Richtung des Hauptdruckes liegen. Es führen dem entfprechend bei den Gewölben die fo gelegenen Fugenflächen den Namen **Lagerflächen** und die Durchdringungen derfelben mit den Anfichtsflächen der Gewölbe die Bezeichnung **Lagerfugen**; alle übrigen Fugenflächen und Fugen nennt man **Stofsflächen**, bezw. **Stofsfugen**. Die Richtung des Fugendruckes ift in den Gewölben eine wechfelnde; fie folgt einer gekrümmten Drucklinie. Die Schichten eines Gewölbes können demnach nicht von parallelen Lagerflächen begrenzt fein; fondern es müffen die letzteren convergiren. Gewöhnlich ift die Drucklinie nicht concentrifch zur Wölblinie oder Bogenlinie des Gewölbes. Da man aber um des Ausfehens willen und um fpitzwinkelige Aufsenkanten der Wölbfteine zu vermeiden, die Lagerfugen normal zur inneren Wölblinie annimmt, bei Kreisbogen alfo radial gerichtet, fo ergiebt fich daraus für die Lagerflächen faft immer eine von der theoretifch richtigen abweichende Lage.

67. Verband.

Diefe Abweichung darf nach den Auseinanderfetzungen des 1. Kapitels ein gewiffes Mafs nicht überfchreiten, wenn ein Gleiten der Wölbfteine auf einander ausgefchloffen fein foll. Hierauf ift bei der Conftruction der Gewölbe unter Umftänden die gebührende Rückficht zu nehmen. Dem Gleiten der Wölbfteine auf einander wirkt der zwifchen die Fugenflächen gebrachte Mörtel entgegen. Da nun die Wölbfteine zum gröfsten Theile im Bau eine folche Lage haben, dafs fie dem Gefetze der Schwere folgen müffen, wenn fie nicht bei genügendem Widerftand der Widerlager durch die Spannung im Gewölbe daran verhindert werden, fo folgt daraus, dafs Mittel, welche die Reibung in den Fugenflächen vergröfsern, für die Wölbungen willkommen fein müffen, alfo auch die Einbringung des Mörtels in die Fugen. Insbefondere gilt dies für die Gewölbe aus Backfteinen und Bruchfteinen, während bei den Haufteingewölben aus Gründen, die jetzt hier nicht zu erörtern find, die Verhältniffe etwas anders liegen. Sehen wir alfo, dafs für die Gewölbe aus Backfteinen der Mörtel eine bedeutfame Rolle fpielt, fo ift klar, dafs man die zur Anwendung kommenden Steinverbände nicht ohne Rückficht auf die Wirkfamkeit des Fugenmörtels, die bei den verfchiedenen Verbänden in verfchiedener Weife Einflufs hat, befprechen kann, dafs alfo deren Erörterung hier noch nicht am Platze ift, fondern auf Abth. III, Abfchn. 2, A zweckmäfsiger Weife zu verfchieben ift. Nichts defto


Fig. 176. Fig. 177. Fig. 178. Fig. 179.

weniger ift es möglich, hier wenigftens die gebräuchlichen Verbandanordnungen vorzuführen, welche bei der Conftruction der Mauer- und Gurtbogen zur Anwendung gelangen, weil fie ganz und gar den Pfeilerverbänden entfprechen, wenn man fich die lothrechte Axenlinie des Pfeilers durch die gekrümmte des Bogens erfetzt denkt. Es können dann die für Freiftützen früher gegebenen Verbandanordnungen als unmittelbar auch für Bogen giltig angenommen werden. Es brauchen diefe Beifpiele hier nur durch folche, die auf die Bildung eines Anfchlages Bezug haben, vermehrt zu werden, da bei den zur Ueberdeckung von Fenfter- und Thüröffnungen angewendeten Mauerbogen Anfchläge aus denfelben Gründen wie bei den Thür- und Fenfterpfeilern erforderlich werden. Den für letztere in Fig. 101, 102, 105 bis 109 mitgetheilten Beifpielen fchliefsen fich die unter Fig. 176 bis 180 für Bogen paffend an.


Fig. 180.

Erhalten die Bogen eine bedeutende Tiefe, werden fie zu Tonnengewölben, fo erhalten die Schichten die Verbandanlagen von Mauern mit lothrechten Abfchlüffen an beiden Enden, wie ja auch die Pfeiler in ihrem Verband nichts Anderes zeigen, als die nahe zufammengerückten Endigungen von Mauern.

68.
Form
der
Steine.

Am beften werden die Bogen aus keilförmig geftalteten Steinen ausgeführt. Kann man folche für den gegebenen Radius des Bogens nicht geformt aus der Ziegelei beziehen, fo mufs man fie keilförmig zuhauen. Befonders wichtig wird dies für die Halbkreisbogen, weil bei diefen die Dicke des Bogens im Verhältnifs zum Radius ziemlich grofs ift, die Schichten alfo ftark keilartig ausfallen. Die Keilform der Steine darf aber gewiffe Grenzen nicht überfchreiten. Beim Brennen würde eine fehr ungleichmäfsige Dicke der Steine ein Verziehen zur Folge haben; eben fo würde aber ein zu ftarkes Verhauen die Wölbfteine zu fehr fchwächen. Man kann wohl annehmen, dafs die Schwächung der Steine $^1/_8$ der Dicke, alfo beim Normalformat ca. 22 mm nicht überfteigen follte. Nimmt man einen folchen noch zuläffigen Unterfchied in der Dicke der Steine an der inneren und äufseren Wölbfläche des Bogens an, fo wird fich daraus berechnen laffen, welche Stärke ein Bogen, der im Verband eingewölbt werden foll, bei gegebenem Radius nicht überfteigen darf, oder bis zu welchem kleinften Radius herab ein Bogen von gegebener Stärke im Verband hergeftellt werden kann. Unter diefer Annahme berechnet fich der Radius eines Bogens

von $^1/_2$ Stein Stärke zu 251 mm,
» 1 » » » 523 » ,
» $1^1/_2$ » » » 796 » ,

alfo im Allgemeinen annähernd der Radius als Zweifaches der Bogenftärke[32]).

Bei flachen Bogen convergiren die Schichten nicht ftark, fo dafs es möglich wird, diefelben aus den parallelepipedifchen gewöhnlichen Backfteinen herzuftellen und nur die Lagerfugen keilartig zu geftalten, ähnlich wie dies für rundes Mauer-

[32]) Diefes Verhältnifs würde genau richtig fein, wenn die Dimenfionen der Backfteine fich genau wie 1 : 2 : 4 verhielten.

werk erörtert wurde. Nimmt man wie damals die zuläffige Dicke der Fugen am Bogenrücken zu 15 mm und die Fugendicke an der Bogenlaibung zu 7,5 mm an, fo berechnet fich dann der lichte Radius des Bogens

bei 1 Stein Bogenftärke zu 2,416 m,
» 1½ » » » 3,671 »,
» 2 » » » 4,930 »,

alfo ungefähr der Minimal-Radius, mit dem ein Bogen aus gewöhnlichen Backfteinen, ohne dafs die Fugen zu keilartig ausfallen, im Verband gewölbt werden kann, zur 10-fachen Bogenftärke.

Sind die Bogen im Verhältnifs zum Radius fo ftark zu machen, dafs die Steine oder die Fugen in unzuläffiger Weife keilförmig gemacht werden müfften, fo mufs man es aufgeben, in Verband zu wölben. Man mufs dann von einem der erften Grundfätze für alle Steinverbände abfehen, nämlich dem, dafs in auf einander folgenden Schichten nie Stofsfugen auf einander treffen follen. Die Ausführung erfolgt dann entweder fo, dafs man mehrere im Verbande gewölbte Ringe über einander anordnet, oder fo, dafs man den Bogen aus einer Anzahl von concentrifchen, ½ Stein ftarken Schalen oder Ringen (den englifchen Verband, Schalen- oder Rouladen-Bogen) zufammenfetzt. Bisweilen werden die Schalen an paffenden Stellen durch Binder verbunden oder in Abtheilungen zerlegt. Das Nähere über diefe Conftructionen folgt fpäter.

b) Quaderverbände.

69.
Natürliche und künftliche Quader.

Regelmäfsig bearbeitete natürliche Steine von anfehnlicher Gröfse nennt man Quader, Haufteine, Werkfteine, Werkftücke oder Schnittfteine. Quader werden aber auch gröfsere, aus Mörtelmaterialien durch Giefsen oder Stampfen in Formen erzeugte künftliche Steine genannt (Beton-Quader). Zwifchen natürlichen und künftlichen Quadern ift indefs in Beziehung auf die Verbandanordnung weiter kein Unterfchied zu machen als der, der fich daraus ergiebt, dafs es für die künftlichen Quader bequemer ift, diefelben in genau regelmäfsiger Form herzuftellen, während bei den natürlichen Quadern häufig gewiffe Abweichungen von der regelmäfsigen Form zuläffig erfcheinen.

70.
Dimenfionen der Quader.

Würde man die Dimenfionen der Quader nach den für die Backfteine giltigen Verhältniffen beftimmen, fo würde über die Quaderverbände weiter gar nichts Befonderes zu fagen fein. Die Quader haben aber in der Regel kein vorher genau beftimmtes Mafs; fondern fie werden für jeden Bau befonders beftellt und hergerichtet, fo dafs man in der Lage ift, innerhalb gewiffer Grenzen die Dimenfionen nach den herzuftellenden Mauerdicken feft zu fetzen[33]). Die Dimenfionen für jeden einzelnen Quader werden in den für jede Schicht zu zeichnenden und genau zu cotirenden Schichtenplänen ermittelt und bei der Beftellung angegeben. Die Lieferung mufs dann unter Hinzufügung des fog. Arbeitszolles (2,5 bis 3 cm) erfolgen. Immerhin ift man aber bei der Feftfetzung der Dimenfionen abhängig von der Art des natürlichen Gefteines und von der Stärke der Bänke oder Schichten deffelben in den Steinbrüchen. Hierüber, fo wie über die Proportionirung der Quader ift fchon im

[33]) Es ift hierzu anzuführen, dafs in einigen Gegenden mit ausgedehntem Steinbruchbetrieb gewiffe Sorten von Quadern auf Vorrath gearbeitet und nach einem Marktpreis verkauft werden. Es finden diefelben dann in der Regel nur bei Maffenbauten Verwendung, beim Hochbau meift nur zu den Fundamenten. So ift es z. B. in den fächfifchen Elb-Sandfteinbrüchen. wo die Mafse für eine ziemliche Zahl von oft verlangten Steinwaaren durch Vereinbarung feft gefetzt worden find; diefe werden nach dem Stück bezahlt, während alle übrigen nach Mafs beftellten Steinftücke nach dem Rauminhalt verrechnet werden. — Gleiches ift in Baden der Fall.

1. Kapitel das Nothwendige geſagt worden. Es mag dem hier noch hinzugefügt werden, daſs die Höhe eines Quaders, auch wenn daran feſt gehalten wird, daſs die natürliche Schichtung normal zur Druckrichtung zu legen iſt, doch niemals die Dicke der Bank des Steinbruches überſteigen darf, damit die Quader keine natürlichen Lagerfugen erhalten. Eben ſo ſoll aber die Höhe der Quader nicht viel kleiner als die Bankdicke genommen werden; ausgenommen natürlich den Fall ſehr groſser Mächtigkeit der Bänke, wie ſie häufig bei den Sandſteinen vorkommt. Bei reicheren Quaderbauten wird man innerhalb der eben angedeuteten, für das zur Verfügung ſtehende Material zu ermittelnden Grenzen die Dimenſionen der architektoniſchen Ausbildung entſprechend feſt ſetzen. Bei billiger herzuſtellenden Bauten dagegen wird man mehr auf die Dimenſionen Rückſicht zu nehmen haben, in denen ſich die Steine in den Brüchen gewöhnlich ergeben. Man wird zwar die Höhe aller Steine einer Schicht gleich halten, dagegen auf die Gleichheit der Länge aller Steine und der Höhe der über einander folgenden Schichten verzichten.

Hauptgrundſatz für die Herſtellung eines guten Verbandes bleibt dann eine gute Ueberbindung der Steine in der Längen- und Querrichtung der Mauern. Als Minimum dieſes Ueberbindungsmaſses, alſo des Maſses, bis zu welchem ſich die Stoſsfugen zweier auf einander ſolgenden Schichten nähern dürfen, iſt die halbe Höhe der Quader anzunehmen; als mittleres Ueberbindungsmaſs iſt dagegen die ganze Quaderhöhe anzuſtreben.

Je nach der Stärke der Mauer wird dieſelbe nur aus Läufern oder aus Läufern und Bindern zuſammengeſetzt oder wohl auch aus neben einander zu legenden, verſchieden breiten Läuferreihen. Die Läufer erhalten eine Länge, die gleich iſt der zwei- bis dreifachen Höhe, und eine Breite gleich der einfachen bis doppelten Höhe. Den Bindern giebt man ein Drittel bis die Hälfte der Läuferlänge zur Breite und macht ſie zwei bis dreimal ſo lang. Die Proportionirung der Dimenſionen iſt jedoch, wie früher ſchon angeführt, von der Güte und Feſtigkeit des Materiales abhängig.

71. Verband für 1 Stein ſtarke Mauern.

Iſt die Mauer nur ſo dick, daſs eine Quaderbreite zur Herſtellung derſelben ausreicht, ſo wird ſie nur aus Läufern hergeſtellt. Sind alle Quader gleich lang, ſo erhält man dann den Läufer- oder Schornſteinverband der Backſteine (Fig. 185). Je nachdem man die Quader erhalten kann oder gröſseren oder geringeren Werth auf Regelmäſsigkeit des Verbandes legt, ſind weiter noch folgende Varianten des Läuferverbandes zu unterſcheiden:

1) gleich hohe Schichten, in den Schichten regelmäſsiger Wechſel von kurzen und langen Steinen (Fig. 181);

2) regelmäſsiger Wechſel von niedrigen und hohen Schichten, in den wiederkehrend gleich hohen Schichten gleich lange Steine, in den un-

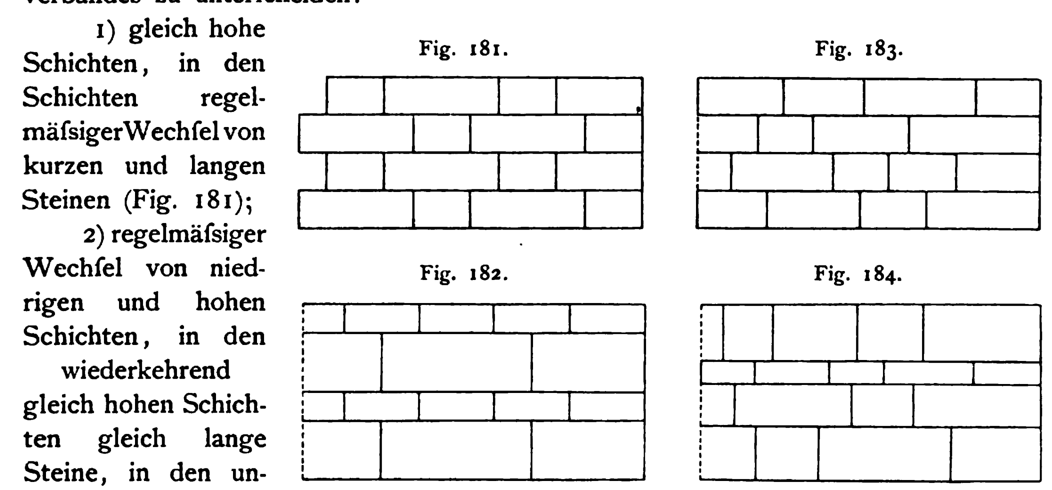
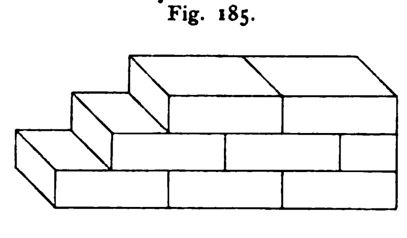


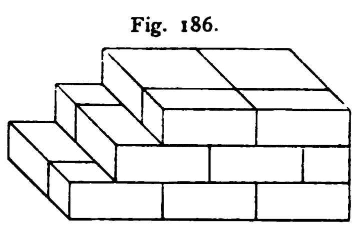
Fig. 181.

Fig. 183.

Fig. 182.

Fig. 184.


Fig. 185.


Fig. 186.

mittelbar auf einander folgenden Schichten ungleiche Länge der Steine (Fig. 182);

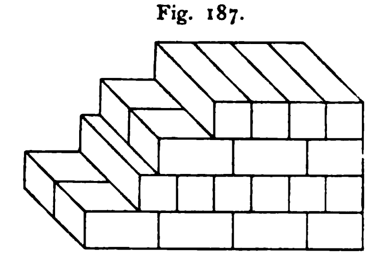
3) gleich hohe Schichten, ungleiche Länge der Steine (Fig. 183);

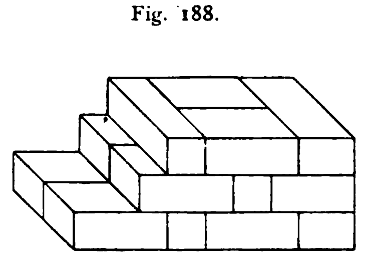
4) verschieden hohe Schichten und ungleiche Länge der Steine (Fig. 184).

72. Verband für stärkere Mauern.

Ist die Mauer stärker als eine Quaderbreite, so kann sie:

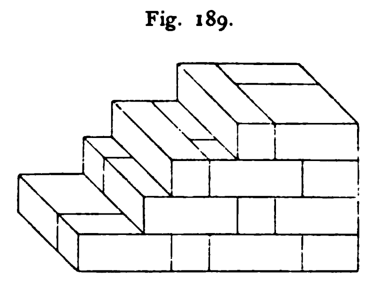
1) aus Schichten, die aus zwei verschieden breiten Läuferreihen bestehen (Fig. 186), hergestellt werden;

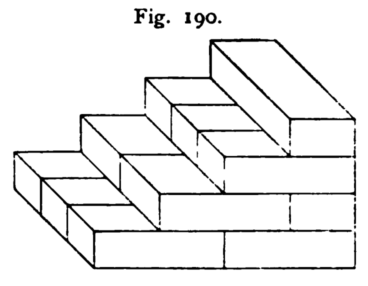

Fig. 187.


Fig. 188.

2) man kann Binderreihen und Läuferreihen wechseln lassen (Fig. 187): man erhält dann den Blockverband der Backsteine, den man durch abwechselnde Verschiebung der Läuferreihen in den Kreuzverband umgestalten könnte;

3) man kann Binder mit Läufern in den einzelnen Schichten abwechseln lassen (Fig. 188); man erhält dann den polnischen oder gothischen Verband mit seinen Mängeln, die sich aber durch Anwendung von verschieden breiten Läufern beseitigen lassen, wie Fig. 189 zeigt.

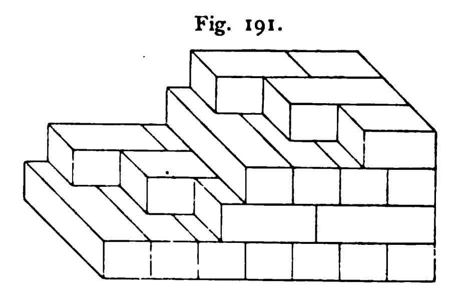

Fig. 189.


Fig. 190.

Auch die anderen Ziegelverbände lassen sich nach Belieben zur Anwendung bringen.

Bei noch dickeren Mauern kann man in einer Schicht um die andere dieselbe aus drei Läuferreihen bestehen lassen, die übrigen Schichten entweder aus zwei Läuferreihen herstellen (Fig. 190) oder aus lauter Durchbindern (Fig. 191).

Es können hierbei die Schichtenhöhen auch verschieden sein; z. B. anstatt dass sie, wie in Fig. 190 gleich hoch angenommen sind, könnten die Schichten mit drei Läuferreihen niedriger als die mit zweien gehalten werden. Auch ist es nicht nothwendig, dass sich die Stossfugen schneiden, wie dies bei den Backsteinverbänden üblich und zweckmässig ist; sondern es kann in den Läuferreihen die innigere Verwechselung der Stossfugen angeordnet werden, wie sie Fig. 191 zeigt.


Fig. 191.

Im Uebrigen können auch bei den eben besprochenen stärkeren Quadermauern dieselben Variationen in Bezug auf die Grössen der

Quader eintreten, wie bei den Mauern, die nur aus einer Quaderreihe hergeftellt werden, wenn nur immer ein genügendes Ueberbindungsmafs eingehalten wird.

Stärkere Quadermauern, als die fchon wenig verwendeten, welche eine dreifache Quaderbreite zur Dicke haben, find fehr theuer und kommen im Hochbau wohl nur felten vor. Sie werden in der Regel durch die gemifchten Mauerwerke erfetzt, die fpäter zur Befprechung gelangen.

73. Mauerecken, -Anfchlüffe, -Durchkreuzungen etc.

Die Mauerecken, Maueranfchlüffe und Mauerdurchkreuzungen, die Maueranfchläge und die Freiftützen können nach denfelben Verbandregeln, natürlich unter Berückfichtigung der Gröfse der Quader, aus diefen hergeftellt werden, wie fie für die Backfteine ausführlich erörtert worden find, bedürfen daher hier keiner wiederholten Befprechung. Es ift jedoch hier darauf aufmerkfam zu machen, dafs die Quader, allerdings unter Materialverluft, eine Bearbeitung in beliebigen Formen geftatten, welche Verbanderleichterungen ermöglichen, wie fie bei den Backfteinen nur ausnahmsweife und dann auch gewöhnlich nur mit Formfteinen zur Ausführung gelangen. Es bezieht fich diefe Bemerkung auf die häufig angewendeten Auskröpfungen oder Ausklinkungen der Quader.

Fig. 192.

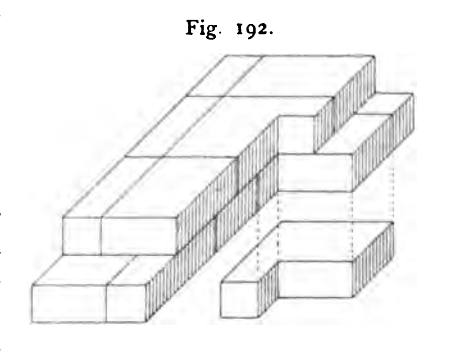


Fig. 193.

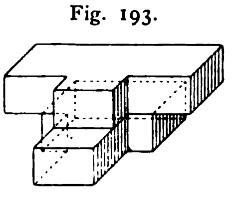
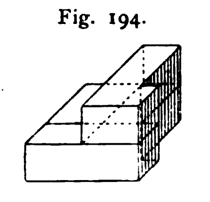
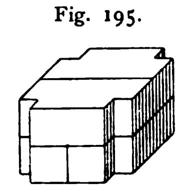


Fig. 194.



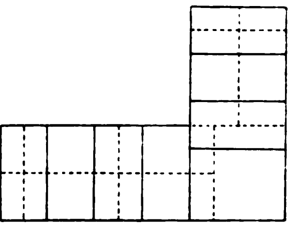
Es ftellen dar: Fig. 192 eine Eckbildung, Fig. 193 einen Maueranfchlufs, Fig. 194 die Bildung des Anfchlages einer Oeffnung, Fig. 195 einen Kreuzpfeiler unter Benutzung folcher ausgekröpften Quader oder der fog. Flügelfteine.

Fig. 195.



Ferner kann angeführt werden, dafs man fich zur Bildung der Ecken öfters auch gröfserer Quader bedient, als fonft in der Mauer Verwendung finden (Fig. 196).

Fig. 196.



Bei ftumpf- und fpitzwinkeligen, fo wie bei abgerundeten und abgeftumpften Ecken, die hier nur beiläufig erwähnt werden follen, legt man ebenfalls zweckmäfsiger Weife gröfsere Quader an die Ecke, und zwar häufig in diagonaler Richtung mit der Rückfichtnahme, dafs die Stofsfugen möglichft normal zu den Fluchten ftehen [84]).

c) Verbände für Mauern aus Bruchfteinen und Feldfteinen.

74. Steinmaterial.

Unter **Feldfteinen** verfteht man alle Gefchiebe und Findlinge verfchiedener Gröfse, die fich zerftreut in den Flüffen, an den Ufern derfelben, in Wäldern und auf Feldern finden, alfo alle einzeln fich findenden Steine. Unter **Bruchfteinen** find dagegen alle folchen Steine zu verftehen, die von anftehenden Felfen gebrochen werden. Sind die Feldfteine grofs, fo können fie zertheilt werden und eben fo wie

[84]) Ausführlicheres über die Eckbildungen von Quadermauern fiehe in: RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinfchnitts. Berlin 1844.

die Bruchsteine gröſsere oder geringere Bearbeitung erfahren. Von den Quadern unterscheiden sich die Bruchsteine entweder durch die geringere Bearbeitung oder, wenn sie regelmäſsig bearbeitet sind, durch die geringere Gröſse[35]. Im letzteren Falle sind sie **Schichtsteine**[36]) zu nennen, wenn sie parallelepipedische Form haben, **Polygonsteine** oder **Mosaiksteine** dagegen, wenn sie polygonale Stirnseiten erhalten.

75. Mauerwerksarten.

Bei Herstellung jedes Bruchstein- oder Feldsteinmauerwerkes ist die Einhaltung der Verbandregeln, wie sie für regelmäſsige Steine gelten, nach Möglichkeit anzustreben. Je gleichmäſsiger die Zusammensetzung der Schichten, je besser der Verband in denselben, um so besser wird das Mauerwerk sein, um so mehr wird es sich an Güte dem Backstein- und dem Quadermauerwerk nähern.

Das Bruchsteinmauerwerk läſst sich danach in folgende 3 Gattungen zerlegen:

1) Mauerwerk aus Schichtsteinen;
2) Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen mit abgesetzten Schichten, und
3) ordinäres Bruchsteinmauerwerk.

Zu diesen würden noch als besondere Formen hinzuzutreten haben:

4) der Cyclopen-Verband und
5) der Polygon- oder Mosaik-Verband.

76. Mauerwerk aus Schichtsteinen.

Charakteristisch für das Schichtsteinmauerwerk ist, daſs alle Schichten in gleicher Stärke durchgehen. Die Schichten werden dabei entweder durchgängig gleich hoch (ca. 20 cm) oder verschieden hoch gehalten. Im ersten Falle werden die Schichten in der Regel nur äuſserlich mit regelmäſsig bearbeiteten Schichtsteinen (im westlichen Deutschland *moellons* nach dem Französischen genannt) verkleidet und im Inneren aus Füllsteinen gebildet, während es im zweiten Falle ohne wesentlich höheren Kostenaufwand möglich ist, die Schichten durchweg aus lauter Schichtsteinen herzustellen. Diese letztere Art des Mauerwerkes ist im Inneren und Aeuſseren ganz gleichartig gebildet (nur die Stirnseiten erhalten oft feinere Bearbeitung), und ein regelrechter Verband ist bei derselben durchführbar. Es steht ein solches Mauerwerk bei entsprechendem Material an Güte kaum hinter dem Backstein- und Quadermauerwerk zurück.

Werden Füllsteine (mehr oder weniger unregelmäſsige Stücke) im Inneren zur Anwendung gebracht, so ist zur Erzielung eines leidlichen Verbandes die Verwendung von möglichst vielen Bindern nothwendig. Auf zwei Läufer in der Front soll mindestens ein Binder kommen. Die Länge der Steine darf das Drei- bis Fünffache der Höhe nicht übersteigen; als Minimum der Höhe ist 10 cm anzusehen. Die Ueberbindung der Steine soll mindestens 8 bis 10 cm betragen.

77. Mauerwerk mit abgesetzten Schichten.

Vom Schichtenmauerwerk unterscheidet sich das Mauerwerk mit abgesetzten Schichten dadurch, daſs die entweder von Natur lagerhaften oder mit dem Hammer lagerrecht bearbeiteten Bruchsteine nicht in durchgehenden Schichten vermauert, sondern je nach ihrer Höhe so zusammengesetzt werden, daſs manchmal 3 Schichten in 2 oder 2 Schichten in 1 übergehen (d. s. die abgesetzten Schichten). Hohlräume in den Fugen sind mit Schiefern oder Steinsplittern (Zwickern) auszufüllen.

Oefters ist eine horizontale Abgleichung herbeizuführen, so daſs etwa alle 1 bis 1,25 m eine Lagerfuge durch die ganze Mauer hindurchläuft. Auch sind bei geringeren Mauerstärken in Abständen von 1,5 bis 1,8 m Durchbinder anzuordnen. Gleichförmiges

---

[35]) D. h. es darf das Gewicht nicht gröſser sein, als daſs sie noch von 1, höchstens 2 Maurern mit den Händen versetzt werden können.

[36]) Siehe auch Theil I, Band 1 dieses »Handbuches« (Fuſsnote 6 auf S. 67).

Setzen des Mauerwerkes erzielt man durch gleichmäfsige Vertheilung der gröfseren Steine und dadurch, dafs man an denjenigen Stellen, wo mehrere weniger dicke Steine über einander folgen, den Mörtel in den Lagerfugen dünner aufträgt.

78. Ordinäres Bruchftein-mauerwerk.

Mauerwerk aus ganz unregelmäfsigen Bruchfteinen oder Feldfteinen nennt man ordinäres Bruchftein- oder Feldfteinmauerwerk. Es werden die Steine fo gut, als möglich, an einander gepafft; auf eine Deckung der Stofsfugen wird Rückficht genommen, wo möglich alle Steine auf die Breitfeite und als Binder verlegt und auch das Innere aus möglichft grofsen Steinen hergeftellt, kleine Stücke nur zur Füllung von Höhlungen zwifchen den grofsen verwendet. Zu den Ecken nimmt man die gröfsten und lagerhafteften Steine. In vielen Fällen, namentlich bei den rundlichen Feldfteinen, mufs man die Ecken aus befferem Material herftellen. In Höhenabftänden von 1,5 bis 2,0 m ift das Mauerwerk horizontal, auch wieder mit möglichft grofsen Stücken, abzugleichen (Mauerung in Bänken). Die Feftigkeit der Mauern gewinnt fehr, wenn man an diefen Stellen einige Schichten aus regelmäfsigem Material (3 bis 4 Backfteinfchichten oder mehrere Schichten aus lagerhaften Steinen) einfchaltet.

Zum ordinären Bruchftein-Mauerwerk ift auch das Mauerwerk aus Flufsgefchieben und das aus Kiefeln, ferner das in England vorkommende, aus Feuerfteinen hergeftellte *flint-work* etc. beizuzählen.

79. Cyclopen-Verband.

Der Cyclopen-Verband wird wie das ordinäre Bruchfteinmauerwerk aus ganz unregelmäfsigen Stücken hergeftellt; nur find diefe Stücke oft von fehr bedeutender Gröfse, und es werden diefelben gewöhnlich ohne Mörtel vermauert. Die Steine werden nur wenig zugerichtet, möglichft gut zufammengepafft und die Höhlungen zwifchen denfelben mit kleineren Stücken forgfältig ausgefüllt.

80. Polygon- und Mofaik-Verband.

Der Polygon-Verband ift nur eine Verfeinerung des Cyclopen-Verbandes. Die Steinftücke werden an den Fugenflächen fo bearbeitet, dafs fie überall fcharf an einander paffen. Erhalten dabei die Steine durchgängig eine gleiche oder rhythmifch wiederkehrende regelmäfsige Form, fo ergiebt fich der zierliche, aber fehr theuere Mofaik-Verband. Der Polygon-Verband kommt naturgemäfs am zweckmäfsigften für die kryftallinifchen Steine zur Verwendung; doch liefert befonders der Bafalt in Folge feines Vorkommens in Säulen von polygonalem Querfchnitt ein leicht herzuftellendes gutes Polygon-Mauerwerk.

Da bei den Bruchfteinmauerwerken der Mörtel gewöhnlich eine grofse Rolle fpielt, fogar mit Cementmörtel ein vorzügliches Mauerwerk aus ganz unregelmäfsigen Steinen fich herftellen läfft, weil ferner zur Vermehrung der Feftigkeit der Mauern dabei oft gemifchte Materialien zur Verwendung gelangen, fo erfcheint es zweckmäfsig, die eingehendere Befprechung auf die Abth. III, Abfchn. 1, A zu verfchieben.

d) Verbände für Mauern aus gemifchtem Mauerwerk.

81. Verfchiedenheit.

Man hat es mit gemifchtem Mauerwerk zu thun, entweder wenn einzelne verticale Partien der Mauern aus anderem Material hergeftellt werden, als der gröfsere Theil der Längenerftreckung, oder wenn die Mauer der ganzen Länge und Höhe nach aus parallel neben einander fortlaufenden Theilen von verfchiedenem Material befteht.

Die zuerft angeführte Anordnungsweife wird getroffen, wenn die Mauer an einzelnen Stellen fefter conftruirt werden foll, als dies mit dem in ihrem Haupttheile zu verwendenden Material möglich ift, wie dazu namentlich die Ecken von

Bruchsteinmauern Veranlassung geben. Wird aus constructiven, ökonomischen oder ästhetischen Gründen die Mauer ausser an den Ecken noch an anderen Stellen durch Verticalstreifen von anderem Material in Abtheilungen zerlegt, so ergiebt sich eine Construction, die eine gewisse Analogie mit den Holz- und Eisen-Fachwerken zeigt, aber auch zum Theile deren Mängel aufweist. Diese Aehnlichkeit wird noch grösser, wenn die Verticalstreifen durch horizontale Schichten von regelmässigen Steinen mit einander verbunden sind.

Man kann daher diese Constructionsweise als Stein-Fachwerk bezeichnen.

Die zweite Ausführungsweise wird gewählt, wenn ein Material von geringer Witterungsbeständigkeit zu schützen ist, oder wenn das Aussehen eines Mauerwerkes verbessert werden soll, oder wenn Aussenflächen von besonders grosser Widerstands-fähigkeit gegen mechanische, chemische oder physikalische Einflüsse erforderlich werden. Es handelt sich also in der Regel um die Verkleidung oder Verblendung eines geringeren Materiales mit einem besseren. Damit ist gewöhnlich eine nicht unwesentliche Kostenersparniss verknüpft, wegen deren wohl alle Monumentalbauten der Neuzeit nicht in gleichförmigem, sondern in gemischtem Material ausgeführt werden. Als übliche Combinationen sind anzuführen: Mauerkern von Backsteinen, Bruchsteinen oder Beton mit Verblendung oder Vertäfelung von irgend einem Haustein oder kostbareren Gestein, wie Marmor, Serpentin u. a. m. oder Verkleidung eines eben solchen Mauerkernes mit Verblendsteinen, Klinkern oder mit feineren Thonwaaren, als Terracotta, Majolica, Fayence u. dergl.

Beide Ausführungsweisen, das Stein-Fachwerk sowohl, als auch die Mauerverblendung führen ähnliche Nachtheile mit sich, die in den nachfolgenden Artikeln noch zu erörtern sein werden. In Abth. III, Abschn. 1, A (Wände) wird Gelegenheit sein, die Anwendung und Ausführung der gemischten Mauerwerke ausführlich zu besprechen, weswegen wir uns hier auf die Behandlung der Principien der hierher gehörigen Verbandanordnungen zu beschränken haben.

82. Allgemeines über Verblendungen.

Wir beschäftigen uns zunächst mit den Mauerverblendungen, und zwar nur mit denjenigen Fällen, in denen die Verblendung eines Mauerkernes von Backsteinen, Bruchsteinen oder Beton mit Quadern oder eines Mauerkernes von ordinären Bruchsteinen oder Beton mit Backsteinen erforderlich wird.

Obgleich bei allen gemischten Mauerwerken die gewöhnlichen Verbandregeln zu befolgen sind, so ist doch noch auf einen besonderen Umstand Rücksicht zu nehmen: es ist dies die ungleichmässige Zusammensetzung des Mauerkörpers. Diese führt zu einer verschiedenen Zahl von Lagerfugen in dem äusseren und inneren Theil und bedingt dadurch in demselben ungleich grosse Compression des Mörtels, also ungleichmässiges Setzen. Trotz angewendeter Vorsicht ist das Resultat davon, dass der eine Theil dem anderen beim Setzen nicht zu folgen vermag und dass Längsspaltungen sich ergeben. Der äussere Theil, die Verblendung, ist in der Regel der schwächere. Kommt dann dazu, was sehr häufig der Fall ist, dass er weniger Lagerfugen, als der Kern hat, und besitzt er dabei nicht die der Belastung entsprechende Knickfestigkeit, so ergeben sich zunächst Ausbauchungen und dann Einsturz der Verblendung. Aehnliche Gefahren können auch eintreten in Folge unüberlegter Verwendung von Mörteln von verschiedenen Eigenschaften im Mauerkern und in der Verblendung. Es wird also bei gemischten Mauerwerken, abgesehen davon, dass die Gesammtdicke aller Lagerfugen in beiden Theilen möglichst gleich zu halten und wo möglich ein nicht schwindender Mörtel zu verwenden ist, darauf ankommen, das Entstehen von

Längsfpaltungen durch eine möglichft innige Verbindung der Verblendung mit dem Mauerkern zu verhindern. Dies wird erreicht durch Anordnung von entfprechend vielen, in den Kern eingreifenden Bindern in der Verblendung. Die Möglichkeit der Anwendung fehr vieler Binder gewährt befonders der holländifche Verband, der denn auch für die Verblendungen mitunter zur Verwendung gelangt. Wegen der vielen Binder wird derfelbe aber oft zu koftfpielig befunden, und man begnügt fich daher gewöhnlich mit der Verwendung des Block- oder Kreuzverbandes, fo wie befonders mit dem polnifchen Verband oder Variationen deffelben. Auch kann nicht unter allen Umftänden eine fehr grofse Zahl von Bindern als zweckmäfsig bezeichnet werden, worauf in Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap. 1 zurückgekommen werden wird.

Aufser den erwähnten Vorfichtsmafsregeln wird noch gewöhnlich die in Anwendung gebracht, ein gemifchtes Mauerwerk ftärker zu machen, als ein gleichförmig regelmäfsiges. Häufig hält man den Mauerkern fo ftark, dafs er für fich allein der gegebenen Beanfpruchung genügen würde.

Die Feftigkeit der gemifchten Mauerkörper wird wefentlich vergröfsert, wenn man in Zwifchenräumen Schichten von regelmäfsigem Material ganz durchgehen läfft, wie dies auch für ordinäres Bruchfteinmauerwerk empfohlen wurde (fiehe Art. 78, S. 65).

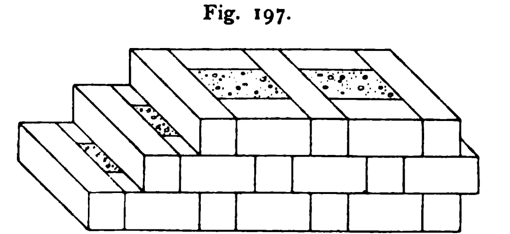
83. Quaderverblendung.

Aufser durch Anordnung einer genügenden Anzahl eingreifender Binder ift zwifchen der Quaderverblendung und einem aus regelmäfsigen Steinen beftehenden Mauerkern eine innige Verbindung nur dann zu erzielen, wenn eine Schicht der Verblendung einer Anzahl von Schichten der Hintermauerung genau entfpricht, fo dafs alfo alle Lagerfugen der Verblendung horizontal durch den ganzen Mauerkörper hindurch gehen. Bei Hintermauerung mit nur lagerhaften oder ordinären Bruchfteinen ift Aehnliches anzuftreben.

Die Quaderverblendungen können entweder auf beiden Seiten der Mauer vorhanden fein oder nur auf einer; fie können entweder aus vollftändigen Quadern oder nur aus Platten beftehen.

Ift die Quaderverblendung auf beiden Häuptern der Mauer auszuführen, fo werden dann die Verbandanordnungen anwendbar, wie wir fie bei den Hohlmauern aus Backfteinen als Käftelverbände kennen gelernt haben (fiehe Fig. 147 bis 151, S. 52). Die Feftigkeit folcher Mauern wird befonders grofs, wenn die Mauerdicke und die Steinlängen es geftatten, die Binder als Durchbinder oder Ankerfteine durch die ganze Mauer hindurch reichen zu laffen (Fig. 197). Vermehrt kann die Feftigkeit noch werden, wenn eines der im 3. Kapitel zu befprechenden künftlichen Verbindungsmittel in Anwendung gebracht wird. Diefe letzteren gebraucht man auch mit demfelben Nutzen, wenn Ankerfteine durch an einander zu ftofsende kleinere Stücke erfetzt werden müffen, oder wenn die Binder nur bis zur gegenüber liegenden Läuferreihe reichen.

Fig. 197.



Wird eine Quaderverblendung nur an einem Mauerhaupte ausgeführt, fo wird man, je nach den Mitteln oder Umftänden, mehr oder weniger Binder in Anwendung bringen. Als genügend feft betrachtet man in der Regel einen Verband, bei welchem in jeder Schicht der Verblendung zwifchen

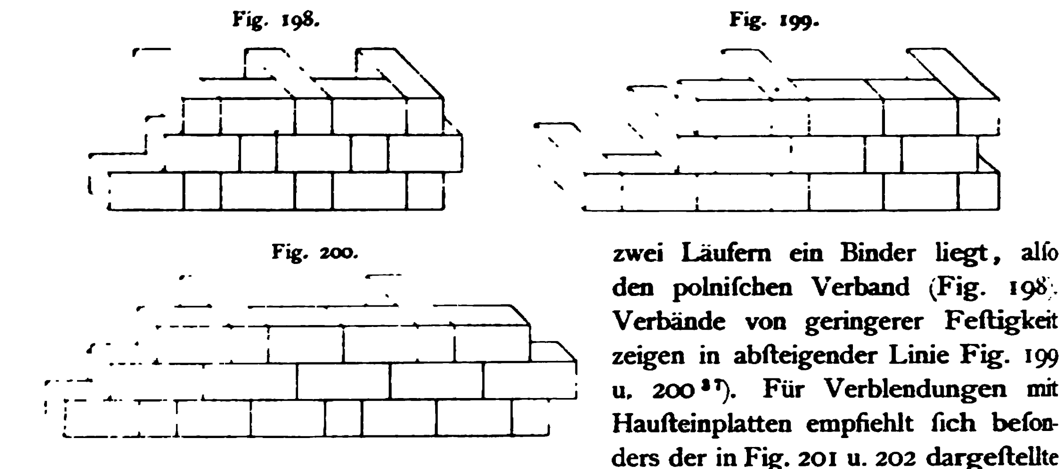


Fig. 198. Fig. 199. Fig. 200.

zwei Läufern ein Binder liegt, alfo den polnifchen Verband (Fig. 198). Verbände von geringerer Feftigkeit zeigen in abfteigender Linie Fig. 199 u. 200 [37]). Für Verblendungen mit Hauſteinplatten empfiehlt fich befonders der in Fig. 201 u. 202 dargeftellte Verband. Die Lage der Binder kann auch bei diefen Anordnungen durch künftliche Verbindungsmittel gefichert werden.

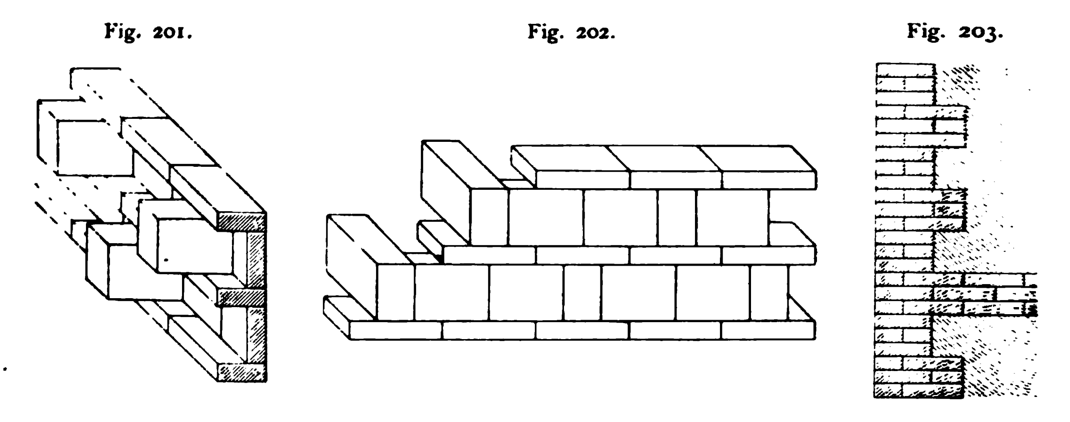


Fig. 201. Fig. 202. Fig. 203.

84.
Verblendung mit Backfteinen.

Erhalten die Mauern bei geringeren Stärken auf beiden Seiten Verblendung mit Backfteinen, fo eignen fich ebenfalls die Anordnungen des Käftelmauerwerkes. Bei gröſseren Mauerftärken und einfeitiger Verblendung kommt namentlich der polnifche Verband zur Anwendung (Fig. 204). Doch ift derfelbe eigentlich nur geeignet, wenn der Mauerkern aus Beton oder fehr kleinftückigen Bruchfteinen befteht. Bei gröſseren Bruchfteinen ift eine gleichmäſsige Auflagerung der eingreifenden Binderköpfe nur fchwer herbeizuführen und defshalb bei der geringen Dicke der Backfteine ein Abbrechen derfelben zu befürchten, wodurch natürlich der Zweck

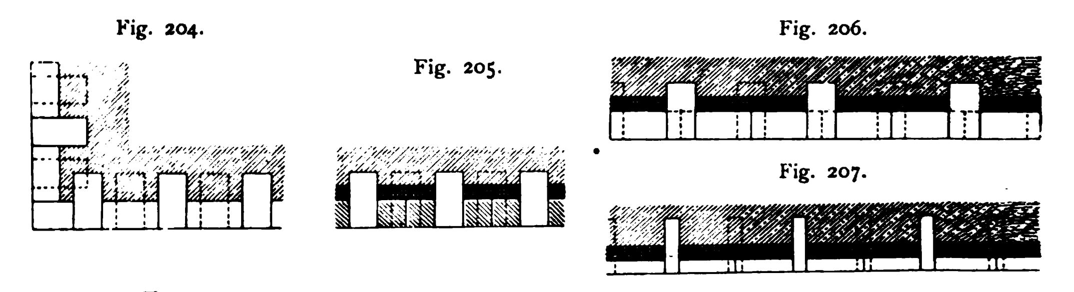


Fig. 204. Fig. 205. Fig. 206. Fig. 207.

[37]) Die Römer bedienten fich insbefondere des in Fig. 200 dargeftellten Verbandes und haben mit demfelben vortreffliche Refultate erzielt.

der Verbindung verloren geht. Mehr zu empfehlen ift für diefen Fall die Herftellung einer ftärkeren Verblendung von wechfelnder Dicke (Fig. 203), wobei alfo eine Verzahnung in der ganzen Ausdehnung der Mauer ausgeführt wird.

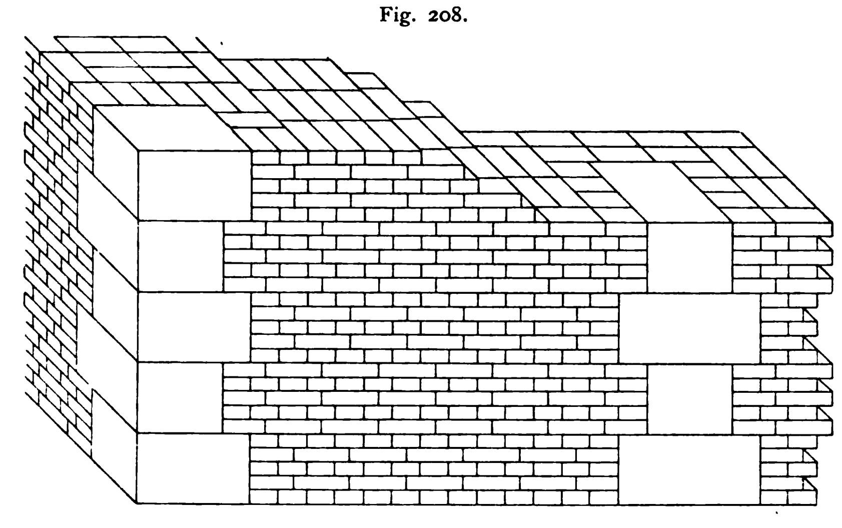
Die Verblendung kann auch mit Luftfchicht hergeftellt werden, wie Fig. 205 bis 207 zeigen. Bei Backftein-Rohbauten empfiehlt fich für die 1/2 Stein ftarke Verblendung mit Luftfchicht der Binderverband (Fig. 205). Fig. 207 ftellt eine Verblendung mit hochkantig geftellten Steinen dar.

Die Verblendung von Backfteinmauern mit feinen Verblendfteinen wird in Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2 behandelt werden.

85. Stein-Fachwerk.

Das Stein-Fachwerk leidet an demfelben Uebelftand wie die Mauerverblendung, dem nämlich, dafs fich die verfchieden gebildeten Theile ungleich fetzen und fich von einander trennen können. Man fucht diefem Nachtheil in der Regel durch eine Verzahnung zu begegnen; doch ift darauf zu fehen, dafs die Zähne keine zu geringe Höhe und keine zu grofse Länge erhalten, weil fie fonft leicht abbrechen. Ferner ift bei den Verzahnungen ebenfalls wieder, wie bei den Verblendungen, ftreng darauf zu achten, dafs die Lagerfugen der gröfseren Steine in der ganzen Mauer fortlaufen, was allerdings nur bei regelmäfsigem oder lagerhaftem Mauermaterial erreichbar ift (Fig. 208 u. 209). Bei ganz unregelmäfsigen Bruchfteinen

Fig. 208.



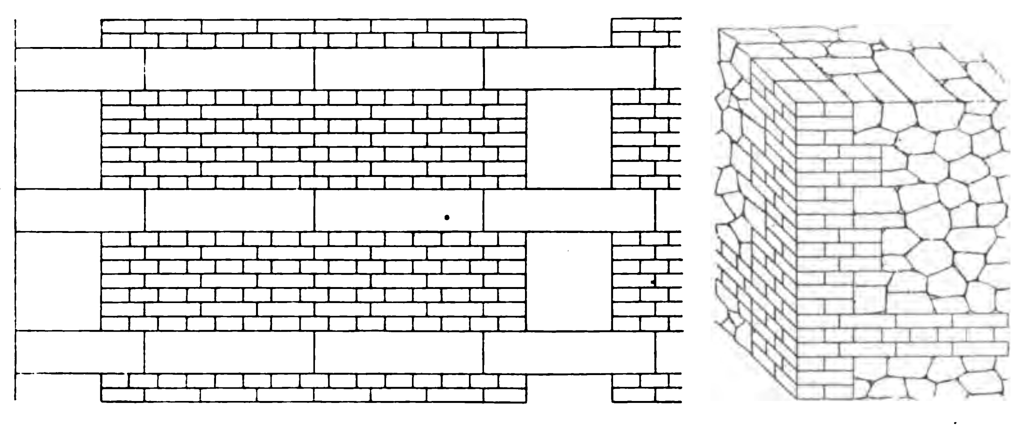
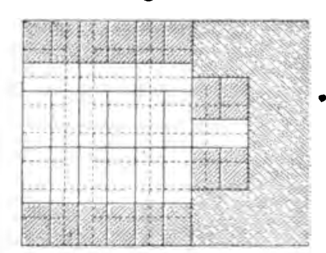


Fig. 209.

Fig. 210.

Fig. 211.



ift eine abfatzweife Ausgleichung einzuführen und dann die fchon erwähnte, den Abfätzen entfprechende Durchführung von Schichten aus regelmäfsigem Material von Vortheil (Fig. 210). Bei Backfteinen darf die Verzahnung niemals nur eine Schicht ftark werden, fondern immer aus mehreren Schichten beftehen. Trotzdem werden fich bei hohen Mauern, namentlich wenn diefelben nicht in die erwähnten Höhenabtheilungen zerlegt find, Trennungen zwifchen den verfchiedenen Theilen ergeben, auch wohl die Verzahnungen abgefprengt werden. Defswegen fieht man in folchen Fällen wohl auch von den Verzahnungen ganz ab und läfft die Mauertheile in verticalen Nuthen in einander greifen, fo dafs fich diefelben unabhängig bewegen können. Es ift dies allerdings nur bei dicken Mauern ausführbar (Fig. 211); auch follten die aus regelmäfsigerem Material hergeftellten Partien vor den anderen vorfpringen, um die Anfchlufsfuge zu decken (Fig. 212).

Fig. 212.

In ähnlicher Weife hat man auch beim Anfchlufs neuer Mauertheile an alte im Allgemeinen zu verfahren. Verzahnungen find dabei nicht zu empfehlen.

---

3. Kapitel.

Steinverbindung.

Zur Herftellung fefter Stein-Conftructionen benutzt man die Steinverbände und in den meiften Fällen mit diefen combinirt die Steinverbindungen. Praktifche Rückfichten machen es zumeift nicht möglich, durch die Verbandanordnung allein ifolirte Bewegungen einzelner Steine auszufchliefsen. Um folche zu verhindern, zieht man die Steinverbindungen hinzu, welche die Befeftigung der Steine unter einander bezwecken. Diefe Befeftigung kann, wie fchon im 1. Kapitel angeführt wurde, auf dreierlei Weife erfolgen, und zwar:

a) durch Verbindung mittels der fog. Bindemittel (Mörtel etc.);

b) durch befondere Formung der Fugenflächen, und

c) durch befondere Hilfsftücke.

Diefe Verbindungen können entweder die Befeftigung der Steine innerhalb einer Schicht (in den Stofsflächen) oder der Steine auf einander folgender Schichten (in den Lagerflächen) oder Beides gleichzeitig bezwecken.

Das letztere ift in der Regel bei den Mörtelverbindungen der Fall, während die anderen Verbindungsarten einzeln oder combinirt zur Verwendung gelangen.

a) Verbindung der Steine durch Bindemittel.

86. Aufgabe der Bindemittel.

Die ifolirte Bewegung eines Steines in einem Verbandmauerwerk, ein Gleiten oder ein Drehen derfelben kann nur eintreten, wenn der Platz dazu vorhanden ift. Diefer Platz ift gegeben durch die Zwifchenräume zwifchen den Steinen (Fugen). Sind diefe Zwifchenräume fehr klein, die Fugen fehr eng (fcharf), was bei forgfältiger Bearbeitung oder Fabrikation der Steine möglich ift, fo wird die Bewegung eines Steines unabhängig von feinen Nachbarn nur minimal ausfallen können. Sie wird

aber ganz verhindert, auch bei gröfseren Zwifchenräumen, wenn diefelben mit einem Stoff von geeigneter Befchaffenheit ausgefüllt werden. Solche Stoffe find die fog. Bindemittel, durch welche alfo zunächft die Unverrückbarkeit der Steine erzielt wird, woraus eine Erhöhung der Feftigkeit des Verbandmauerwerkes fich ergiebt. Unverrückbarkeit würde allerdings fchon eintreten, wenn die Fugen zwifchen den Steinen nur an einzelnen Stellen durch fefte Körper fcharf ausgefüllt werden. Erfolgt aber die Ausfüllung in der ganzen Ausdehnung der Fugen, fo ergiebt fich eine weitere Erhöhung der Feftigkeit der Lagerung der Steine durch die vergröfserte Reibung zwifchen den Steinflächen, da diefe mit der Gröfse der Berührungsflächen wächst. Es folgt daraus aber auch, dafs es unbedingt zweckmäfsig ift, nicht blofs einzelne Fugen, fondern alle Fugen, und zwar vollftändig zu füllen. Dazu gehört aber, dafs das Bindemittel fich leicht in die Fugen bringen läfft und anfänglich weich ift, damit es fich an alle Unebenheiten der Steine eng anfchliefsen könne. Dadurch erhält man aber einen ferneren Vortheil für die Conftruction, nämlich den einer gleichmäfsigen Druckvertheilung in derfelben, die nicht mehr nur durch einzelne vorfpringende Punkte vermittelt wird, fondern in der ganzen Ausdehnung der Lagerflächen ftattfindet. Es mufs dabei das Bindemittel indefs der Bedingung Genüge leiften, dafs es, einmal comprimirt, fich nicht weiter zufammendrücken läfft.

Den bisher erwähnten Eigenfchaften, die von einem für die Füllung von Fugen geeigneten Bindemittel verlangt werden müffen, genügen aufser den Mörteln auch Moos und einige Erdarten, welche letzteren Stoffe denn auch in dem angedeuteten Sinne Verwendung finden bei den fog. Trocken- oder Feldmauern.

Viele Bindemittel, die fog. Mörtel, befitzen nun aber noch eine weitere fehr werthvolle Eigenfchaft, nämlich die, aus einem weichen, halb flüffigen Zuftand in einen ftarren überzugehen und dabei feft an den Steinflächen zu adhäriren, fo dafs eine Zufammenkittung der Steine erfolgt. Es find dies Bindemittel im wahren Sinne des Wortes, über welche fchon in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches« (Abth. I, Abfchn. 1, Kap. 3: Die Mörtel und ihre Grundftoffe) das Nöthige mitgetheilt worden ift, und die dort in chemifche und mechanifche Mörtel eingetheilt wurden. Die Mauerwerke, welche mit Hilfe der chemifchen Mörtel (Kalk-, Cement-Gyps-Mörtel) hergeftellt werden, nennt man im gewöhnlichen Leben gemörtelte oder gefpeiste[38]) Mauern.

Die mechanifchen Mörtel (Lehm, Chamotte, Kitte, Afphalt, Schwefel, gefchmolzenes Blei, Lothe etc.) haben untergeordnetere Bedeutung und finden nur aus fpeciellen Veranlaffungen Verwendung. Auch bei den chemifchen Mörteln ergiebt fich faft immer nur eine mechanifche Verbindung mit den Steinflächen, durch Adhäfion und Eindringen in die Poren.

Auf die weitere Bedeutung vieler Mörtel als Mittel zur Dichtung der Fugen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit fei hier nur vorläufig hingewiefen. Eben fo ift es hier nicht am Platze, auf das Specielle der Anwendung der verfchiedenen Mörtel bei den verfchiedenen Steinmaterialien (auf das Mauern) einzugehen; dagegen müffen fchon hier die für alle Materialien giltigen Principien der Anwendung erörtert werden.

87. Grundfatz für chemifche Mörtel.

Die chemifchen Mörtel, wenigftens die Kalk- und die Cement-Mörtel, werden in der Regel mit einem Zufatz von Sand oder einer anderen Füllfubftanz bereitet.

[38]) Die Bezeichnung Mauerfpeife oder Speifs wird vielfach für Mörtel verwendet.

Beim Cement wird der Sand zugefetzt der Erfparnifs und leichteren Verwendung wegen; beim Kalk ift er nothwendig, um im Mörtel die genügende Porofität für das Eindringen der atmofphärifchen Luft und damit ausreichende Säuerung des Aetzkalkes mit Kohlenfäure, möglichft vollftändige Umbildung des Aetzkalkes in kohlenfauren Kalk zu erzielen. Auch ift der Sandzufatz nöthig, um genügende fefte Körperflächen zu haben, an welche der fich bildende kohlenfaure Kalk feft fich anlegen kann. Ohne Sandzufatz wirkt der Kalkteig nur druckausgleichend zwifchen den Steinen.

Nach *Hauenfchild* (fiehe Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«, Art. 101, S. 153) entfpricht die Menge Bindeftoff, welche dem Sande zur Mörtelbildung zuzufetzen ift, der Menge von Flüffigkeit, welche vom Sand unter normalen Verhältniffen capillar zurückgehalten werden kann. Es ift dies ein Minimum des Kalkzufatzes, welches aber bei ungenügendem Luftzutritt für rafchere Verfeftigung des Mörtels günftiger wirken kann, als ein reichlicherer Zufatz [39]). Im Allgemeinen ift aber zur Erzielung gröfster Feftigkeit vollkommene Füllung aller Zwifchenräume zu verlangen. Dies gilt auch vom Beton, bei deffen groben Füllmaffen übrigens die Capillarität zwifchen denfelben nur fehr gering fein kann. Man hat daher zur Herftellung eines guten Betons alle Steinbrocken deffelben vollftändig mit Bindeftoff zu umhüllen; ein Mehr würde nicht nützlich fein. Alle Zwifchenräume follen eben nur ausgefüllt werden, was allerdings wegen der Körperlichkeit des Bindeftoffes einen Ueberfchufs an folchem über die gemeffene Summe der Zwifchenräume der Steinbrocken ohne Bindeftoff verlangt.

Derfelbe Grundfatz ift aber auch für die Bildung von Mörtelmauerwerk aufzuftellen; nur dafs bei diefem felbftverftändlich die Mauerhäupter von der Benetzung mit Mörtel auszufchliefsen find. Ein fo hergeftelltes Mauerwerk nennt man fcharf gemauert. Die Menge des nothwendigen Mörtels ergiebt fich dann als Summe der Zwifchenräume, der Fugen, für welche das zuläffig geringfte Mafs anzunehmen ift. Diefes geringfte zuläffige Mafs, die Fugendicke, ift aber abhängig von der Befchaffenheit der Fugenflächen und des Mörtels.

88.
Fugendicke.

Je ebener die Fugenflächen und je feinkörniger die Füllfubftanz des Mörtels ift, um fo enger wird man die Fugen machen können. Beides hat aber feine untere Grenze, da durch Uebertreibung der Wirkfamkeit des Mörtels gefchadet werden kann. An glatten Flächen haftet der Mörtel meiftens fchlechter, als an etwas rauhen; ftaubartiger Sand ift für die Mörtelbereitung untauglich; er foll immer ein gut fühlbares, fcharfeckiges Korn befitzen.

Die Dicke der Fugen ift auch von der Geftalt der Steine und der Art des Steinmaterials abhängig. Eben fo wird man zwifchen Lagerfugen und Stofsfugen einen Unterfchied machen können.

Bei der Dimenfionirung der Mauerziegel wird auf die Dicke der Fugen fchon Rückficht genommen; fo ift beim deutfchen Normal-Ziegelformat (fiehe Art. 21, S. 20) die Dicke der Stofsfugen auf 10^{mm} feft gefetzt, während die der Lagerfugen in der Regel etwas ftärker angenommen werden mufs, nämlich zu ca. 12^{mm}, wobei dann auf 1^{m} Höhe 13 Schichten kommen. Abgefehen von der dadurch erzielten Bequemlichkeit für die Maffenberechnung ift die gröfsere Lagerfugendicke defswegen häufig nothwendig, weil die Steine gewöhnlich etwas verfchieden dick und öfters

39) Siehe auch: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung des Kalkmörtels. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Ver. 1881, Nr. 1, S. 68.

etwas über 65 mm ſtark ſind, und man daher einigen Spielraum braucht, um die Oberkante der Steine in eine Horizontale bringen zu können. Bei den ſorgfältig zubereiteten Verblendſteinen und feinſandigem Mörtel wird man dagegen bis zu 6 bis 8 mm herabgehen dürfen, während als oberſte Grenze für ordinäre Backſteine 15 mm anzunehmen wäre. Bei einer dicken Fuge wird wohl eine gleichmäſsige Druckvertheilung zu erwarten ſein, aber auch ein ſtarkes Setzen des Mauerwerkes durch Compreſſion und Schwinden des Mörtels. Wenn die Römer bei ihren Ziegelbauten Fugen von 25 bis 50 mm Dicke anwendeten, ſo war dies wohl nur in Folge ihres raſch bindenden Puzzolan-Mörtels zuläſſig.

Auch bei Mauerwerken aus bearbeiteten natürlichen Steinen iſt bei Feſtſtellung der Dimenſionen auf die Fugendicke Rückſicht zu nehmen, wenigſtens auf die der Lagerfugen, die der gleichmäſsigen Druckvertheilung wegen bei Verwendung von Mörtel nicht unter 5 bis 6 mm dick zu machen ſind, ſonſt aber auch nicht über 12 mm. Die Stoſsfugendicke ſucht man im Allgemeinen möglichſt knapp zu halten und kann dann, wenn man dieſelben nach innen zu ſich etwas erweitern läſſt, bis zu 3 mm im Haupt herabgehen.

Bei Mauerwerk aus unregelmäſsigen Bruchſteinen iſt natürlich die Fugendicke von der Form der Steine abhängig; doch dürfte hier, wie bei den Ziegeln, ebenfalls eine obere Grenze von 15 mm feſt zu halten ſein. Gröſsere Höhlungen ſind mit Zwickern auszufüllen.

89.
Vorſichts-maſsregeln.

Mit einem Mörtel wird ſich nur dann die beabſichtigte Wirkung vollkommen erzielen laſſen, wenn gewiſſe Vorſichtsmaſsregeln bei der Verwendung beobachtet werden. Dahin gehören Reinigen der Steinflächen, Näſſen mancher Steinarten, Nichtſtören des Abbindens des Mörtels und Verwendung von friſchem Mörtel.

Vollkommene Adhäſion zwiſchen Mörtel und Stein kann nur eintreten, wenn keine fremden Körper zwiſchen ihnen ſich befinden, an welche der Mörtel ſich anlegen kann. Solche, wie Staub, Verunreinigungen mit Erde etc., ſind daher ſtets vor dem Vermauern von den Steinen zu entfernen, am vollſtändigſten durch Wegſchwemmen mit Waſſer.

Dadurch wird zugleich bei vielen Steinen etwas Anderes, eben ſo Wichtiges erreicht, nämlich ein gewiſſer Feuchtigkeitsgrad der Steine, welcher bewirkt, daſs dem Mörtel nicht zu raſch ſein Waſſergehalt entzogen wird; denn der Erhärtungsproceſs eines chemiſchen Mörtels kann nur dann genügend vor ſich gehen, wenn derſelbe einige Zeit eine ausreichende Feuchtigkeit behält. Bei poröſen oder thonhaltigen Steinen, ſo wie bei Mauerziegeln, wenn ſie nicht ſehr ſcharf gebrannt ſind, iſt das erwähnte Annäſſen der Entfernung des Staubes wegen noch nicht ausreichend; ſondern es wird bei ihnen eine ſtärkere Durchfeuchtung durch Begieſsen oder Eintauchen nothwendig. Dagegen kann bei dichten Steinen und Klinkern ein ſtärkeres Annäſſen ſchädlich ſein.

Sind die Steine einmal in ihr Mörtelbett gelegt, ſo dürfen ſie nicht wieder verrückt oder erſchüttert werden, weil der Mörtel nur einmal abbindet, was in Berührung mit dem Stein in dünner Schicht ziemlich raſch vor ſich geht. Ein zweites Mal gehen die meiſten Mörtel mit dem Stein keine Verbindung ein. Man muſs ſich daher beſtreben, die Steine raſch in die richtige Lage zu bringen und ſie in dieſer zu belaſſen. Deſshalb iſt auch das manchen Orts beliebte Zurichten der Schichtſteine oder Bruchſteine auf der Mauer entſchieden verwerflich. Eben deſshalb iſt es auch ſchwierig, bei Mauern aus ſchweren, mühſam verſetzbaren Quadern eine

wirkliche Mörtelverbindung zu erzielen, und man hat daher bei diefen den Mörtel mehr als Füllmaterial für die Fugen zu betrachten.

Wünfcht man eine fefte Mörtelverbindung, fo ift es aus dem eben angegebenen Grunde unbedingt nothwendig, dann, wenn man gezwungen ift, einen fchon verfetzten Stein wieder zu verrücken oder aufzuheben, den früheren Mörtel forgfältig zu befeitigen und durch neuen zu erfetzen. Wegen des rafchen Abbindens der chemifchen Mörtel, namentlich der Cemente und des Gypfes, darf man auch nur verhältnifsmäfsig geringe Quantitäten auf einmal zubereiten, d. h. nur fo viel, als man in der Zeit vom Anmachen bis zum vollendeten Abbinden zu verwenden im Stande ift. Es gilt dies auch für die Kalkmörtel, die man defswegen nicht über Nacht unverwendet und, wenn dies nicht zu umgehen ift, wenigftens nicht ohne gewiffe Schutzmafsregeln ftehen laffen follte.

90. Schädigung durch Hitze und Froft.

Ueber diefe Dinge, über die Eigenfchaften, die ein guter Mörtel haben foll, über die verfchiedenen Arten und die Zubereitung derfelben findet fich das Nähere in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches« (Abth. I: Die Technik der wichtigeren Bauftoffe). Es mag jedoch hier noch darauf aufmerkfam gemacht werden, dafs extreme Luft-Temperaturen die Mörtelverbindung eines Mauerwerkes wefentlich ftören können. In heifser Witterung hergeftelltes Mauerwerk, namentlich von dünnen Wänden, fo wie fchnell künftlich getrocknetes Gemäuer erhält nur geringe Feftigkeit, in Folge zu rafcher Entziehung der Feuchtigkeit oder in Folge zu rafcher Erhärtung der äufseren Mörteltheile und dadurch herbeigeführter Minderung der Porofität[40]). Froft wird den Entftehungsprocefs einer Mörtelverbindung ganz zerftören oder wenigftens verzögern[41]).

Wo Bauausführungen bei Froftwetter nicht zu umgehen find, mufs man befondere Mafsregeln treffen, die aber entfprechende Koftenvermehrung verurfachen[42]).

91. Feftigkeit von Mörtelmauerwerk.

Je homogener ein Stoff in feiner Subftanz ift, um fo gröfsere Feftigkeit wird er verhältnifsmäfsig befitzen. Ein Mauerwerk ift nun keine homogene Maffe, da die einzelnen Stücke deffelben durch die Fugen getrennt werden. Durch die Ausfüllung der Fugen mit Mörtel wird nun allerdings eine gröfsere Homogenität erzielt; aber immerhin ift ohne Weiteres anzunehmen, dafs ein folches Mauerwerk weniger feft fein wird, als der einzelne Stein für fich. Im Mauerwerk haben wir eine Verbindung von Körpern verfchiedener Feftigkeit, in welcher die Druckvertheilung ungleichmäfsiger ift, als in den Steinen und dem Mörtel für fich allein. Es wird dies durch die Erfahrung beftätigt.

Böhme fagt hierüber[43]): »Namentlich werden — wenn das Bindematerial härter als der Stein ift — die Stofsfugen die Zerftörer fein, indem der darauf liegende Stein nicht zerdrückt wird, fondern zerbricht. Ift aber das Bindemittel weniger feft, fo wird an den Stellen, wo der Mörtel in grofser Menge vorhanden ift (z. B. in den Stofsfugen), derfelbe früher zerftört werden als der Stein; der Druck geht alsdann auf eine kleinere Fläche über, beanfprucht alfo die Flächeneinheit höher, und die übrigen Steine werden dadurch ebenfalls fchneller zerftört werden müffen. — Stellt man dagegen einen Mauerklotz her, der aus genau bearbeiteten Steinen in gutem Cementmörtel ohne Verband (frei von Stofsfugen) gemauert ift, fo ergeben fich bedeutend günftigere Refultate; ja es ift fogar vorgekommen, dafs ein folcher Mauerklotz mehr Widerftandsfähigkeit lieferte, als ein einziger Stein von der Gattung, aus welcher der Mauerklotz hergeftellt war.«

[40]) Ausführlicheres hierüber fiehe in: Gottgetreu, R. Phyfifche und chemifche Befchaffenheit der Baumaterialien. II. Bd. 3. Aufl. Berlin 1881. S. 269 u. ff. — Vergl. auch im Folgenden Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2.

[41]) Siehe hierüber: Hauenschild, H. Zur Frage der Erhärtung von Kalkmörtel. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Ver. 1881, Nr. 1, S. 68.

[42]) Ueber die Ausführung eines Brückenbaues bei Froftwetter fiehe: Deutfche Bauz. 1880, S. 74. — Desgl. über die Ausführung des Bahnhofes Friedrichsftrafse in Berlin: Baugwks.-Zeitg. 1885, S. 35.

[43]) In: Die Feftigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876. S. 9.

Verbandmauerwerk ist nun ohne Stofsfugen nicht herstellbar (höchstens bei schwachen Hausteinpfeilern), so dafs die Versuche, welche mit Mauerklötzen hergestellt wurden, die nur Lagerfugen hatten, für die Praxis eigentlich keine Bedeutung haben. Leider ist die Untersuchung von gröfseren Mauerkörpern aus Verbandmauerwerk mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft, so dafs solche bis jetzt wenig ausgeführt worden sind. Für Mauerziegel liegt jedoch eine von *Böhme* mitgetheilte längere Versuchsreihe vor [44]). Von derselben sollen hier die Schlufsresultate wiedergegeben werden, aus welchen sich der wesentliche Einflufs des Mörtels auf die Festigkeit des Mauerwerkes ergiebt.

Wenn mit δ die Festigkeit des gemauerten Würfels und mit δ_1 die zulässige Belastung derselben bei 10-facher Sicherheit in Procenten der Festigkeit der unvermauerten Steine bezeichnet wird, so betragen diese Werthe bei den angeführten Mörtelmischungen:

Festigkeit	Mörtelmischung:			
	I. 1 Theil Kalk, 2 » Sand.	II. 7 Theile Kalk, 1 Theil Cement, 16 » Sand.	III. 1 Theil Cement, 6 » Sand.	IV. 1 Theil Cement, 8 » Sand.
δ	44	48	55	63
δ_1	4,4	4,8	5,5	6,3
	Procent.			

Unter Benutzung dieser Werthe von δ_1 und der aus vielen Versuchen gefundenen Mittelwerthe für die Druckfestigkeit der verschiedenen Backsteinsorten hat *Böhme* über die zulässige Belastung eines aus denselben hergestellten Verbandmauerwerkes folgende Tabelle aufgestellt:

Art der Steine	Mittlere Druckfestigkeit der unvermauerten Steine	Zulässige Belastung des Verbandmauerwerkes bei Mörtelmischung				Zulässige Belastung nach den Bestimmungen des Berliner Polizei-Präsidiums		Bemerkungen
		I. δ_1 = 4,4 Proc.	II. 4,8 Proc.	III. 5,5 Proc.	IV. 6,3 Proc.	Kalkmörtel	Cementmörtel	
Gewöhnliche Hintermauerungssteine	206	9,1	9,8	11,3	13	8	—	
Bessere Backsteine, Mittelbrand	258	11,4	12,4	14,2	16,3	—	11	
Klinkersteine	379	16,7	18,2	20,8	24	—	14	
Poröse Vollsteine	184	8,1	8,8	10,1	11,6	—	3 6	leicht gebrannt. hart gebrannt.
Poröse Lochsteine	84	3,7	4	4,6	5,3	—	—	
Lochsteine	194	8,5	9,3	10,7	12	—	—	
	Kilogramm pro 1 qcm.							

Mit Bruchsteinen sind ähnliche Versuche, wie es scheint, zwar noch nicht angestellt worden; doch wird man bei ihnen über die für Backsteine ermittelten Procentsätze (δ_1) der Festigkeit der unvermauerten Steine nicht hinausgehen dürfen, da

[44]) In: Thätigkeit der k. Prüfungs-Station für Baumaterialien im Jahre 1878: Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 555.

die Geftalt der Stücke mit in Rechnung zu ziehen ift. *Böhme* giebt folgende Tabelle, deren Refultate aber von ihm als hohe bezeichnet werden:

Bezeichnung der Bruchfteine	Mittlere Druck-feftigkeit der unvermauerten Steine für die Würfelform	Zuläffige Belaftung	
		für platten- oder klotzförmige Werkftücke ohne Mörtelverbindung	für Bruchfteinmauer-werk in Cement-mörtel (δ_1 = 5,5 Proc.)
Granit	1107	110	60
Porphyr	1302	130	72
Sandftein	460	46	25
Quaderfandftein	679	68	37
Sandfteinquarz	1523	152	84
Bafalt-Lava	391	39	21
Bafalt	1382	138	76
	Kilogramm pro 1 qcm.		

92. Mechanifche Mörtel.

War es bei den chemifchen Mörteln im Allgemeinen nothwendig, die Steinflächen zu näffen, fo ift das Umgekehrte bei den mechanifchen Mörteln der Fall. Es find diefelben in zwei Gattungen zu fcheiden: in folche, die aus dem halb flüffigen Zuftande in Folge Austrocknens der mechanifch beigemengten Flüffigkeit in den feften übergehen (Lehm, Chamotte etc.), und in folche, die gefchmolzen werden und durch Abkühlung erftarren (Afphalt, Blei, Schwefel etc.). Bei den erfteren würde das Näffen der Steine, eben fo wie eine zu grofse Feuchtigkeit des Mörtels (er braucht nur mit der Kelle verarbeitet und in die Fugen gebracht werden zu können) den Erhärtungs-Procefs nur verzögern und ein ftärkeres Schwinden und damit vermehrtes Setzen des Mauerwerkes verurfachen. Bei den letzteren würde dagegen vorhandene Feuchtigkeit fogar fchädlich (Verhinderung der Adhäfion) und unter Umftänden (bei Blei) auch gefährlich für den Arbeiter werden können. Bei diefen Bindemitteln ift es daher angezeigt, die Steinflächen vor Feuchtigkeit zu fchützen und etwa vorhandene durch Austrocknen zu befeitigen.

Für Lehm, Chamotte u. dergl. Mörtel gelten in Bezug auf die zu verwendende Mörtelmenge und die Fugendicke diefelben Grundfätze, wie bei den chemifchen Mörteln; es ift diefelbe nach Möglichkeit einzufchränken. Für die zu fchmelzenden Bindemittel laffen fich in diefer Beziehung keine allgemeinen Regeln aufftellen.

93. Trocken-mauerwerk.

Trockene oder Feld-Mauern werden mit Hilfe von Moos und Erde hergeftellt. Da es fich hierbei nur um Ausfüllung der Zwifchenräume und fefte Lagerung der Steine handelt, fo mufs das Bindemittel trocken zur Anwendung gelangen, damit ein fpäteres Schwinden und Setzen ausgefchloffen ift. Unter Trockenheit ift aber bei Erde nicht ftaubartige Befchaffenheit derfelben zu verftehen; fondern fie mufs etwas plaftifch fein und fich noch gut in den Zwifchenräumen durch Klopfen und Stampfen comprimiren laffen, wozu bei geeignetem Material nur geringe Feuchtigkeit nothwendig ift.

94. Wahl des Bindemittels.

Die richtige Wahl eines Bindemittels für einen gegebenen Fall kann von grofser Wichtigkeit für den dauerhaften Beftand eines Bauwerkes fein. Es ift hier nun nicht der Platz, auf diefen Gegenftand näher einzugehen, da hierüber einestheils fchon in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches« (Abth. 1: Die Technik der Bauftoffe) verhandelt worden ift, anderentheils dazu Veranlaffung bei der Befprechung der

einzelnen Conftructionen vorliegt. Wir können uns daher hier mit allgemeinen Andeutungen begnügen.

Für die Wahl des Bindemittels kommen namentlich in Betracht: Beanfpruchungen durch die Conftruction, Einflüffe von Witterung, Feuchtigkeit, Temperatur und Benutzung des Bauwerkes, Einwirkung von Naturereigniffen und benachbarten Nutzanlagen.

Werden Bautheile ftark auf Zug oder Druck in Anfpruch genommen, fo mufs ein Mörtel gewählt werden, der rafch eine eigene grofse Feftigkeit erlangt (z. B. Portland-Cement), während bei anderen, weniger beanfpruchten Theilen ein Mörtel von geringerer Feftigkeit oder ein folcher, der erft langfam feft wird (z. B. Luftkalkmörtel) genügen kann. Aehnlich verhält es fich, wenn bei Mauerkörpern ftarkes Setzen zuläffig ift oder nicht (in letzterem Fall wird man einen rafch erhärtenden, nicht fchwindenden Mörtel verwenden müffen), oder wenn Erfchütterungen durch Naturereigniffe oder benachbarte Nutzanlagen zu erwarten find oder nicht. Häufig wiederkehrende Erfchütterungen können unter Umftänden einen elaftifchen Mörtel zweckmäfsig erfcheinen laffen (z. B. Afphalt-Beton für Fundamentirung von Dampfmafchinen, Dampfhämmern etc.). Die vorausfichtlichen Einflüffe von Witterung und Feuchtigkeit verlangen einen Mörtel von entfprechenden, gewöhnlich einen folchen von hydraulifchen Eigenfchaften. Da wo Feuchtigkeiten am Durchdringen oder Auffteigen verhindert werden follen, ift ein wafferdichter Mörtel nothwendig (Cement, Afphalt). Mauerwerke, die höheren Temperaturen ausgefetzt find, müffen mit einem Mörtel hergeftellt werden, der durch die Hitze nicht zerfetzt wird (Lehm, Chamotte u. a. m.). Räume, in denen alkalifche oder fauere Dämpfe entwickelt werden, zur Fortleitung oder Aufbewahrung ähnlicher Flüffigkeiten oder von Excrementen benutzte Canäle oder Gruben verlangen einen Mörtel, der keine chemifchen Veränderungen durch die genannten Dünfte oder Stoffe erleidet. Andererfeits dürfen Eifen, Blei und andere Metalle, die mit dem Mörtel des Mauerwerkes in Berührung kommen, durch diefen nicht angegriffen werden. Mauern, welche wafferdurchläffig fein follen (Futtermauern), wird man unter Umftänden als Trockenmauern aufführen können. Auch die Zufammenfetzung eines und deffelben Mörtels kann je nach dem Orte der Verwendung und der Beanfpruchung variirt werden. So wird man Mauerkörper, welche fpäterhin ftarke Belaftung erhalten, mit einem magereren Luftmörtel ausführen können, als folche, die nur wenig belaftet werden; Mauerziegel hat man, des geringeren Eigengewichtes wegen, mit fetterem Luftmörtel zu vermauern, als Quader und dichte Bruchfteine.

b) Verbindung der Steine durch befondere Formung der Fugenflächen.

95.
Verbindung innerhalb einer Schicht.

Zur Verbindung der Steine innerhalb einer Schicht durch befondere Formung der Stofsflächen find namentlich folgende Mittel in Gebrauch: polygonale Geftaltung der Steine im Grundrifs, fchwalbenfchwanzförmige Ausbildung derfelben, Verfchränkung oder Auskröpfung der Stofsfugen und Anwendung von Nuth und Feder (Spundung). Die erften beiden Mittel gelangen mehr im Ingenieur-Bauwefen zur Benutzung, müffen aber der Vollftändigkeit wegen hier mit zur Erörterung kommen und können in befonderen Fällen auch im Hochbau Verwendung finden. Die beiden zuletzt angeführten Formungen der Fugenflächen find mehr im Hochbau gebräuchlich; zum Theile haben fie allerdings auch nicht viel mehr als hiftorifche Bedeutung.

Bei all diefen Arten der Formung der Fugenflächen ift es erforderlich, darauf Rückficht zu nehmen, dafs die Kanten der Steine nicht zu fpitzwinkelig werden. Es

wird dies um fo nothwendiger, je weicher das Steinmaterial ift. Auch empfiehlt es fich immer zur Erfparung an Koften und Erzielung genauer Arbeit, möglichft einfache Formen zu wählen.

96. Polygonale Form der Steine.

Die polygonale Grundrifsbildung der Steine ift verwandt mit dem Polygon-Verband von aufgehendem Mauerwerk. Sie ift namentlich bei der Conftruction von Leuchtthürmen und Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, bei welchen der Wellenfchlag, bezw. der Eisgang oft fehr bedeutende Schübe ausüben, fo dafs eine befondere Sicherung der Steine geboten erfcheint.

Fig. 213.

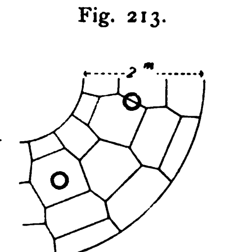
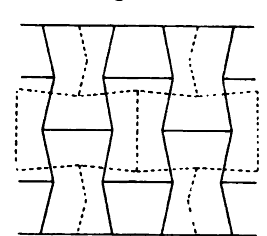


Fig. 214.



In Fig. 213 ift als charakteriftifches Beifpiel ein Theil einer Schicht eines Leuchthurm-Unterbaues aus der Bucht von Plymouth mitgetheilt [45]). Der Fugenfchnitt ift hier mit grofsem Verftändnifs behandelt. Die auf einander folgenden Schichten find durch eiferne Ringdübel verbunden. — Eine complicirtere, fpitzwinkelige Kanten nicht vermeidende Bildung zeigt das Beifpiel Fig. 214. Es würde fich diefer Mangel durch die fpäter zu befprechende rechtwinkelige Verfchränkung der Steine vermeiden laffen (fiehe Fig. 218).

97. Schwalbenfchwanzförmige Bildung der Steine.

Sehr viel wird zur Verbindung von Steinen einer Schicht die fchwalbenfchwanzförmige Geftaltung der Steine in Anwendung gebracht, weniger bei durchgängigem Quadermauerwerk (doch gehört theilweife hierher das Beifpiel in Fig. 214), als bei gemifchtem Mauerwerk mit Quaderverblendung aus Läufern und Bindern. Durch die in entfprechende Vertiefungen der Binder eingreifenden Vorfprünge der Läuferenden werden diefe letzteren in ihrer Lage gefichert, während die Binder durch die Hintermauerung belaftet und feft gehalten werden (Fig. 215). — Bei zweihäuptigem Mauerwerk können die Binder zu fehr wirkfamen Ankerfteinen gemacht werden (Fig. 217, bei *a*). Sind die Binder nicht in einer der Mauerdicke entfprechenden Länge zu befchaffen, fo kann man eine ähnlich kräftige Verankerung er-

Fig. 215.

Fig. 216.

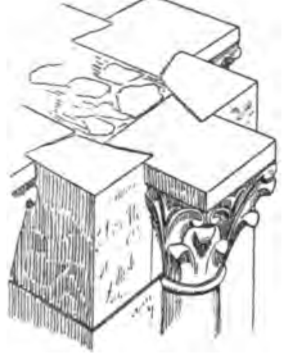


Fig. 217.

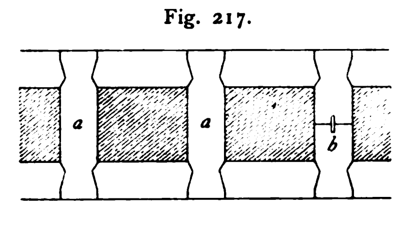


Fig. 218.

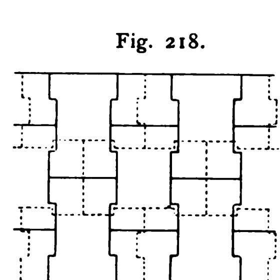
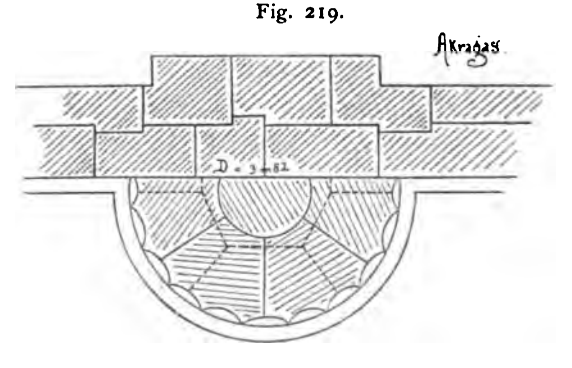


Fig. 219.



45) Nach: MÖLLINGER, K. Elemente des Steinbaues. I. Halle 1869.

zielen durch Stofs zweier oder mehrerer Binder und Verklammerung der inneren Köpfe (Fig. 217, bei *b*). — Die Schwalbenfchwanzform wird oft auch zum Feftbinden von vor die Mauerfluchten vorfpringenden Architekturtheilen benutzt (Fig. 216[46]).

98. Verfchränkung der Stofsfugen.

Die Verfchränkung der Stofsfugen befteht darin, dafs die Fugenflächen auf einen Theil ihrer Länge rechtwinkelig ausgekröpft werden, und dafs man in die fo gefchaffenen Winkel die Ecken anderer Steine eingreifen läfft. Diefe Verbindungsweife ift bei vollem Quadermauerwerk zur Anwendung gebracht worden, wie das Beifpiel in Fig. 219 zeigt, welches einen Theil. der Umfaffungsmauer des Zeus-Tempels zu Akragas darftellt. Fig. 218 zeigt, wie fich das Beifpiel Fig. 214 durch Anwendung der Verfchränkung vereinfachen liefse.

99. Verbindung mittels Feder u. Nuth.

Die Verbindung der Steine durch Nuth und Feder charakterifirt fich dadurch, dafs in den Mitten der Stofsflächen am einen Stein ein beliebig, aber zweckmäfsig geformter Vorfprung in eine entfprechende Vertiefung des benachbarten Steines eingreift. Es ift diefe Verbindungsweife im Princip nicht wefentlich verfchieden von der Verfchränkung und von der fchwalbenfchwanzförmigen Geftaltung; fie ift aber diejenige, welche im Hochbau auch heutzutage noch zumeift angewendet wird, und zwar namentlich zur engeren Verbindung von Abdeckungsplatten von Mauern, von geftofsenen Treppenftufen, oder auch zur befferen Sicherung von aufrecht geftellten Sockelplatten etc. Beifpiele hierfür bieten Fig. 220, *a—d*, 221 u. 222). Die Griechen befeftigten auf diefe Weife mitunter die Metopen-Platten der dorifchen Tempel in den Triglyphen-Blöcken[47]. Selbftverftändlich können auch Läufer und Binder in diefer Weife verbunden werden.

Fig. 220. Fig. 221. Fig. 222.

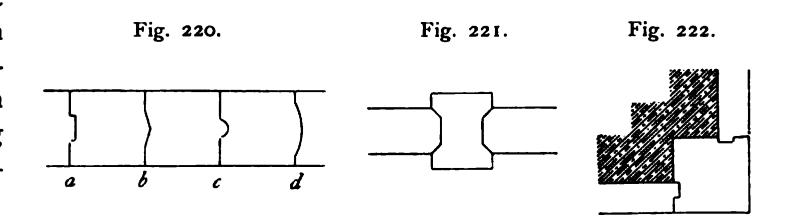
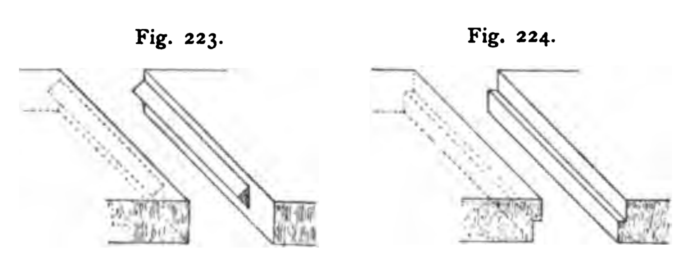
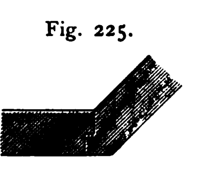


Fig. 223. Fig. 224.



Diefes Mittel wird auch zur Dichtung der Fugen von Balcon-Platten, Treppenflötzen oder dergl. verwendet (Fig. 223). Zu demfelben Zweck wird auch die Ueberfalzung benutzt (Fig. 224). Diefe kommt auch bei aufrecht geftellten Platten zur Anwendung. So zeigt Fig. 225 die bei dem Dachreiter der frühgothifchen Kapelle zu Iben in Rheinheffen verwendete Ueberfalzung.

Fig. 225.



100. Verbindung in auf einander folgenden Schichten.

Zur Verbindung der Steine auf einander folgender Schichten durch befondere Formung der Lagerfugenflächen verwendet man die Verkämmung und auch wieder die Verbindung durch Nuth und Feder.

Die Verkämmung der Lagerflächen ift ganz ähnlich der Verfchränkung der Stofsflächen; fie befteht in rechtwinkeligen Auskröpfungen. Ein gutes Beifpiel hier-

[46]) Nach: Viollet-le-Duc. *Dictionnaire raifonné de l'architecture etc.* Band I. Paris 1858. S. 504.

[47]) Siehe Theil II, Band 1 diefes »Handbuches« (S. 86).

Fig. 226.

Fig. 227.

Fig. 228.

Fig. 229.

Fig. 230.

Fig. 231.

Fig. 232.

Fig. 233.

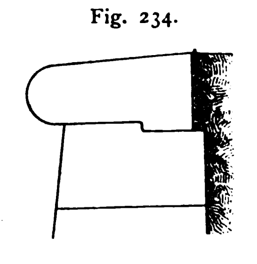


Fig. 234.

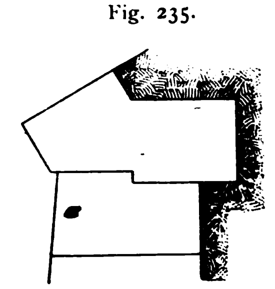


Fig. 235.

für bietet das Stylobat-Gemäuer des Zeus-Tempels zu Akragas (Fig. 226), von dem ſchon ein Stück Umfaſſungsmauer in Fig. 219 dargeſtellt wurde [48]).

Die in Fig. 229 mitgetheilte Verkämmung verhindert nach allen Richtungen hin Verſchiebungen.

In Frankreich werden jetzt auch Backſteine nach demſelben Princip fabricirt, und zwar in zwei Syſtemen: *brique Robert* (Fig. 233) und *brique-blindage* (Fig. 230 [49]).

Die Verkämmung der Lagerfugen wird gegenwärtig öfters angewendet, um Sockelſteine und Deckplatten von Futtermauern, Stützmauern, Terraſſenmauern etc. gegen Verſchiebung zu ſichern (Fig. 227, 234 u. 235), eben ſo um aufrecht geſtellte Platten von Sockelmauern feſt zu halten (Fig. 228).

Die Verbindung der Lagerflächen durch Nuth und Feder wird häufig zur Anwendung gebracht, um frei ſtehende

[48]) Siehe ebendaſ.: S. 52.

[49]) Nach: *Semaine des conſt.*, Jahrg. 3, S. 380.

Conſtructionstheile oder ſolche, die keine Belaſtung erhalten dürfen, gegen eine ſeitliche Verſchiebung zu ſichern, ſo z. B. die einzelnen Höhenabtheilungen von Galerien oder Baluſtraden (Fig. 231) und die Fenſter-Maſswerke (Fig. 232).

Ganz ähnlich iſt die Zapfenverbindung, welche mitunter zu verwandten Zwecken in Anwendung gebracht wird.

101.
Verbindung der Wölbſteine in den Lagerfugen.

Hierher gehören auch die verſchiedenen Verbindungsweiſen von Wölbquadern in den Lagerfugen, um ſie gegen ein Gleiten zu ſichern oder auch um die Widerlagsſtärken verringern zu können.

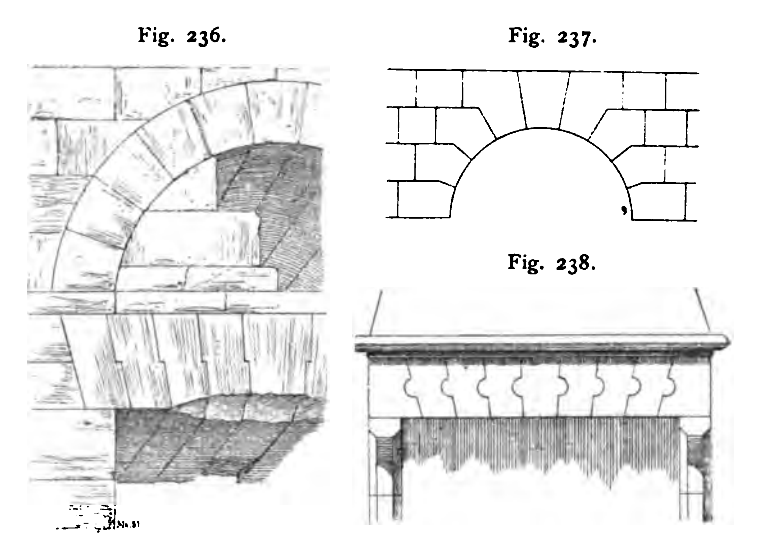


Fig. 236. Fig. 237. Fig. 238.

Zu dieſem Zwecke werden Verkämmungen, Verhakungen oder Verzahnungen, ſo wie auch die Verbindungen von Nuth und Feder, beſonders bei den ſcheitrechten Bogen, angewendet. Fig. 236 zeigt die Conſtruction des Sturzes der Mittelthür des römiſchen Theaters zu Orange in Südfrankreich; dieſe Conſtructionsweiſe wurde von den Römern mitunter zur Anwendung gebracht. Fig 237 ſtellt die im XVII. und XVIII. Jahrhundert ſehr beliebte Umbildung derſelben für den Vollbogen dar. Der conſtructive Werth dieſer Verbindung iſt jedoch zweifelhaft. Die Anwendung erfolgte in der Regel, um den Anſchluſs und die Höhe der benachbarten Quaderſchichten reguliren zu können.

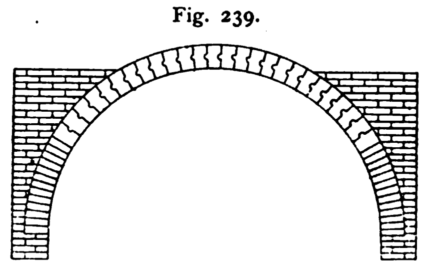


Fig. 239.

Die Benutzung von Nuth und Feder für ſcheitrechten Bogen und Vollbogen zeigen Fig. 238 u. 239. Es wird dieſe Verbindungsweiſe auch bei gebrannten Steinen angewendet, ſo die Art der Conſtruction in Fig. 238 öfters bei Terracotta-Bauten in England, die Wölbungsweiſe in Fig. 239 zur Herſtellung der Brennkammern von Ziegelöfen. Noch künſtlichere Verbindungen

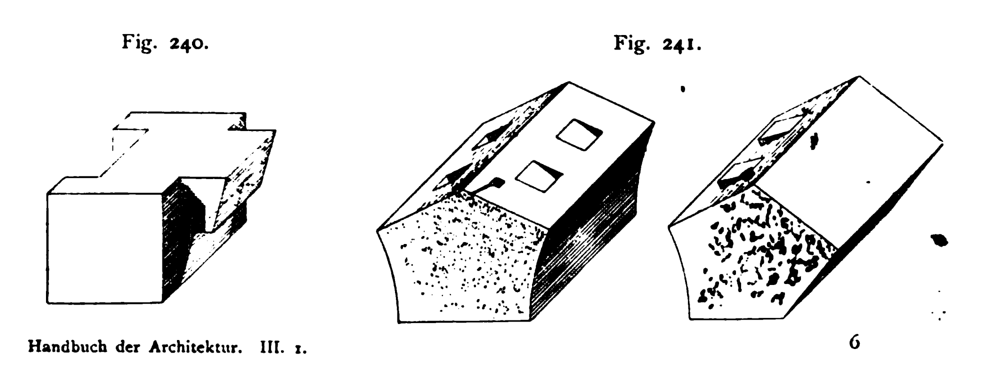


Fig. 240. Fig. 241.

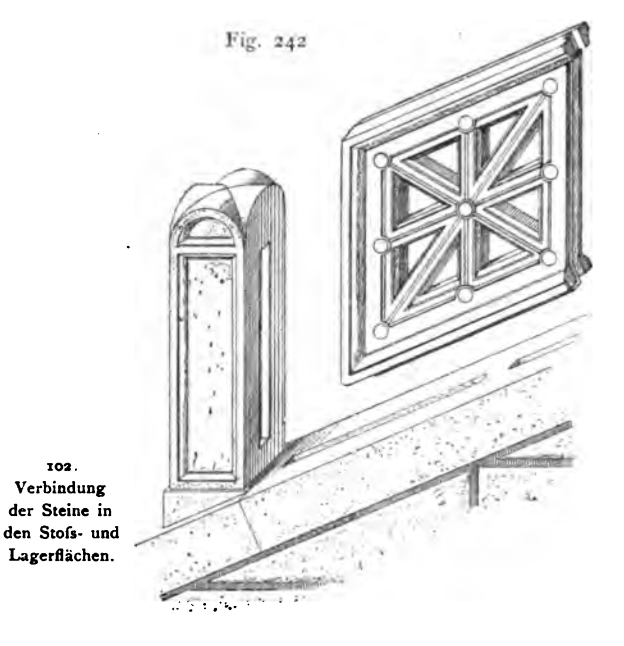


Fig. 242

dieſer Art finden ſich an mittelalterlichen Bauwerken Englands und Frankreichs [50]. — Eine Vereinigung der Verzahnung und der Verbindung durch Nuth und Feder bietet Fig. 240 [51]. Dieſe künſtliche Verbindung wird im Aeuſseren der ſcheitrechten Bogen nicht ſichtbar.

Ein ähnliches Mittel, die Zapfenverbindung, verwendeten die Römer, um die Wölbſteine der unteren Theile der Bogen auf einander feſt zu halten, da dieſe ohne Wölbrüſtung ausgeführt wurden, ſo am Coloſſeum in Rom (Fig. 241 [52]).

102.
Verbindung der Steine in den Stoſs- und Lagerflächen.

Oefters erſcheint es zweckmäſsig, ſowohl die Steine der Schichten unter ſich, als auch die Schichten mit einander zu verbinden. Das Letztere erfolgt allerdings gewöhnlich durch Hinzuziehung beſonderer Hilfsſtücke, wie dies beim Beiſpiel in Fig. 213 der Fall war. Eine allſeitige Verbindung neben und über einander liegender Stücke durch Nuth und Feder zeigt das in Fig. 242 abgebildete Stück des ſteinernen Geländers der Freitreppe am Stadthauſe in Winterthur.

103.
Fugen mit Canälen.

Ein anderes hier anzuführendes Mittel iſt die Einarbeitung von correſpondirenden dreieckigen oder halbkreisförmigen Nuthen in den Lager- oder Stoſsflächen oder in allen Fugenflächen der benachbarten Steine, wodurch Canäle von quadratiſchem oder kreisförmigem Querſchnitt von 3 bis 10 cm Breite gebildet werden, die man mit Cementmörtel oder Cement-Beton ausfüllt (Fig. 243).

Fig. 243.

Zu berückſichtigen iſt hier auch die Verbindung der Steine in den Stoſsfugen dadurch, daſs man in die Stoſsflächen correſpondirende Höhlungen (Fig. 244) einarbeitet, welche mittels eines Canales von oben her mit Cementmörtel oder auch Blei ausgefüllt werden.

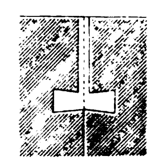


Fig. 244.

c) Verbindung der Steine durch beſondere Hilfsſtücke.

104.
Hilfsſtücke.

Die Verbindung der Steine mittels beſonderer Formung der Fugenflächen iſt zwar in den meiſten Fällen geeignet, die ſolideſten und dauerhafteſten Reſultate zu liefern; ſie iſt aber immer koſtſpielig nicht nur wegen des in Folge des Ineinandergreifens der Steine erforderlichen gröſseren Materialaufwandes, ſondern auch wegen der oft complicirten und ſehr genau auszuführenden Bearbeitung der Flächen und der ſchwierigen Verſetzung der Steine. Bei nicht ganz genauer Arbeit wird der beabſichtigte Zweck entweder ungenügend oder gar nicht erreicht. Deſswegen bedient man ſich viel häufiger der billigeren und bequemer anzuwendenden Verbindung

---

50) Siehe: Gwilt, J. *An encyclopedia of architecture.* London 1876. S. 568.

51) Nach: Ringleb, A. Lehrbuch des Steinſchnittes etc. Berlin 1844. Taf. 21.

52) Nach: Choisy, A. *L'art de bâtir chez les Romains.* Paris 1873. S. 127.

durch befondere Hilfsftücke, die allerdings oft, wegen Vergänglichkeit der verwendeten Materialien und mit denfelben verknüpften Gefahren für die Conftruction, befondere Vorfichtsmafsregeln erforderlich machen. Es bezieht fich diefe Bemerkung auf das fo oft zur Anwendung gelangende Eifen und auch das Holz.

Die Hilfsftücke können nämlich aus Stein, Holz und Metallen hergeftellt werden. Unter den letzteren kommen zur Verwendung Kupfer, Bronze, Meffing, Blei und vor allen Dingen das Eifen, als das billigfte. Holz ift bekanntlich unter wechfelnder Trockenheit und Feuchtigkeit von geringer Dauer; durch Einwirkung von Feuchtigkeit quillt es an und kann die verbundenen Steine zerfprengen. Das Eifen roftet rafch, befonders unter Einwirkung von Näffe und Kalkmörtel, dehnt fich dabei aus und kann in Folge deffen auch die Conftructionen zerftören. Die zur Verhütung diefer Gefahren zu ergreifenden Mafsregeln follen fpäter befprochen werden.

105.
Verbindungen in einer Schicht.

Zur Verbindung der Steine in einer Schicht werden namentlich die Verklammerungen und Verankerungen verwendet. Bei den erfteren greift das Hilfsftück in der Regel nur über eine Stofsfuge hinweg, während bei den letzteren eine gröfsere Anzahl von Stofsfugen überfprungen werden.

Die Klammern kommen hauptfächlich in zweierlei Geftalt in Anwendung: in der doppeltfchwalbenfchwanzförmigen Geftalt (Fig. 247) und als prismatifcher Stab mit umgebogenen Enden (Fig. 248). Die erfte Form wird entweder von einem feften und zähen Stein (Granit, Grünftein, Marmor) hergeftellt oder von Metall.

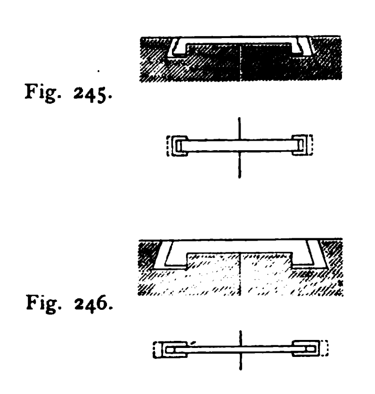


Fig. 245.

Fig. 246.

Nach *Ch. Normand*[53]) find beim Pantheon in Rom doppeltfchwalbenfchwanzförmige Klammern aus Bronze von 280 mm Länge, 130 mm Breite und 22 mm Dicke zur Verwendung gekommen, und *Rondelet*[54]) theilt mit, dafs beim Abbruch eines Theiles der äufseren Umfaffungsmauern des Forum des *Nerva* in Rom aufserordentlich gut erhaltene Schwalbenfchwänze von hartem Holz gefunden wurden.

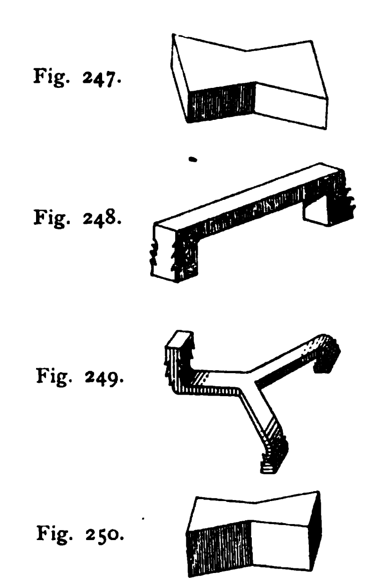


Fig. 247.

Fig. 248.

Fig. 249.

Fig. 250.

Die zweite, bei Weitem häufiger vorkommende Form der Klammer wird nur in Metall ausgeführt, und zwar gewöhnlich in Gufs- oder beffer in Schmiedeeifen. Man nennt folche Klammern Steinklammern, zur Unterfcheidung von den ähnlich geformten Holzklammern, welche aber fpitze Füfse haben und in das Holz eingefchlagen werden. Die Steinklammern werden um ihre Dicke in die oberen Lagerflächen der Steine eingelaffen. Die umgebogenen, 25 bis 40 mm langen und gewöhnlich aufgehauenen Enden, die Klammerfüfse oder Pratzen, greifen in entfprechend tiefe und gröfsere Löcher ein, welche fich nach aufsen etwas erweitern, um das Herausziehen derfelben zu erfchweren (Fig. 245). Der Raum um diefelben wird mit einem zweckentfprechenden Material (Blei, Schwefel, Gyps, Cement, Afphalt, Steinkitt) feft ausgefüllt, worüber weiter unten das Nöthige

53) In: *Effai fur l'exiftence d'une architecture métallique antique. Encyclopédie d'arch.* 1883, S. 75.

54) In: *L'art de bâtir.* Deutfche Ueberfetzung 1834. II. Bd. S. 37.

mitgetheilt werden wird. Die Länge und Stärke der Klammern hat ſich einestheils nach der Gröſse der zu verbindenden Steine zu richten, anderentheils nach der Feſtigkeit des Steinmaterials, nach welcher zu beurtheilen iſt, wie weit von den Fugen entfernt man die Klammerlöcher anbringen kann; hiernach kann dieſes Maſs 5 bis 20 cm betragen.

Zu den ſchmiedeeiſernen Steinklammern wird Quadrat- oder Flacheiſen verwendet; die umgebogenen Enden werden durch Stauchen verdickt. Bei Verwendung von Flacheiſen liegt in der Regel die Klammer mit der flachen Seite auf dem Stein. Bleiben jedoch die Klammern äuſserlich ſichtbar, wie bei der Verbindung von Mauerabdeckungsplatten, ſo iſt es zweckmäſsiger, dieſelben hochkantig zu ſtellen, um ſie dadurch vor der Einwirkung der Atmoſphäre und vor Entwendung beſſer zu ſchützen (Fig. 246). Daſſelbe kann auch mit den ſchwalbenſchwanzförmigen Klammern geſchehen (Fig. 250).

Griechen und manche andere alten Völker verwendeten bei ihren Quaderbauten vielfach verſchiedenartig geformte Metallklammern [55]).

Klammern, welche vom oberen Lager eines aufrecht geſtellten längeren Werkſtückes (z. B. von einem Fenſter- oder Thürgewände) in das benachbarte Mauerwerk greifen, um den fehlenden Verband zu erſetzen, nennt man Stichklammern.

In beſonderen Fällen werden die Steinklammern mit gegabelten oder auch mit entgegengeſetzt umgebogenen Enden verſehen. Das erſtere wird angewendet, wenn durch eine Klammer mehr als zwei Steine verbunden werden ſollen, das letztere, wenn Quader mit einer Hintermauerung von Ziegeln oder Bruchſteinen in Verbindung zu bringen ſind. Das aufwärts gebogene Ende läſſt man in die Fugen der Hintermauerung eingreifen (Fig. 249).

Bei Herſtellung der Hohlmauern aus Ziegeln bedienen ſich die Engländer häufig in der in Fig. 257 dargeſtellten Weiſe einer der in Fig. 251 bis 256 abgebildeten Klammerformen aus Guſs- oder Schmiedeeiſen.

Bei Hintermauerung von Quaderverblendungen, ſo wie bei Mauerwerk aus kleinſtückigem Material kommen auch die eigentlichen Verankerungen in Anwendung. Die Anker ſind entweder ähnlich geſtaltet wie die Klammern, d. h. bei gröſserer Länge mit umgebogenen Enden verſehen, oder ſie ſind wie die Balkenanker gebildet, d. h. ſie haben Splinte, die in verticaler Stellung durch Oeſen am Ende der Eiſenſtangen geſteckt werden.

Fig. 251.

Fig. 252.

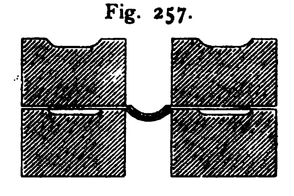
Fig. 253.

Fig. 254.

Fig. 255.

Fig. 256.

Fig. 257.



Die erſtere Art wird von *Rankine* [56]) als Reifeiſenverband bezeichnet und mitunter bei Ziegelmauerwerk angewendet, um die Zugfeſtigkeit in der Längenrichtung zu vermehren. Die Flacheiſenſtangen ſollen in ihren Stöſsen abwechſeln, an den Enden um ca. 5 cm nach abwärts gebogen ſein und brauchen als Querſchnittsfläche nicht mehr als $^1/_{300}$ des Mauerquerſchnittes zu haben.

[55]) Siehe hierüber Theil II, Band 1 (S. 57) und 2 (S. 132) dieſes »Handbuches«.

[56]) Handbuch der Bauingenieurkunſt. Ueberſetzt von F. Kreuter. Wien 1880. S. 432.

Nach *H. Müller* [57]) werden zum Reifeiſenverband gewöhnlich Bandeiſen von 2 mm Dicke und 42 mm Breite verwendet, welche in Längen von ca. 8,20 bis 8,25 m zu haben ſind. Sie werden in die Lagerflächen der Backſteinſchichten zu mehreren neben einander gelegt, und zwar ſo, daſs ſie auf keine in der Längenrichtung laufenden Stoſsfugen treffen. An den Enden werden die Bandeiſen um den letzten Stein herum bis zum zweiten oder dritten Stein vorher zurückgebogen. Durch die Einwirkung des Kalkmörtels werden die Bandeiſenſtreifen zwar nach und nach zerſtört; inzwiſchen iſt aber die Feſtigkeit des Mörtels ſelbſt eine bedeutende geworden.

Brunel hat durch Verſuche die groſse Wirkſamkeit des Reifeiſenverbandes nachgewieſen [58]). Er ſchreibt den Zuwachs an Feſtigkeit der Adhäſion des Cement- oder Kalkmörtels an der Oberfläche des Eiſens zu, wonach eine gröſsere Anzahl von ſchwachen Bändern beſſere Reſultate ergeben würde, als eine kleinere Zahl ſtärkerer. An Stelle von Eiſen verwendete *Brunel* auch dünne Holzlatten. Er weist übrigens auch auf die Gefahren hin, die durch die Roſtbildung des Eiſens für Fundamente von poröſen Ziegeln ſich ergeben.

Die Anker mit Splinten haben ſolche entweder nur an einem Ende (Fig. 258) oder auch an allen beiden. Der Splint beſteht aus Flacheiſen, deſſen Breite in die Längsrichtung des Ankers genommen wird, oder aus Quadrat- oder Rundeiſen. Die Oeſe wird entweder durch Verdrehen (Kröpfen) und Umbiegen des Flacheiſens gebildet (Fig. 258), oder durch Umbiegen des Endes und Durchlochung (Fig. 259), oder durch Ausſchmieden eines Ringes (Fig. 260).

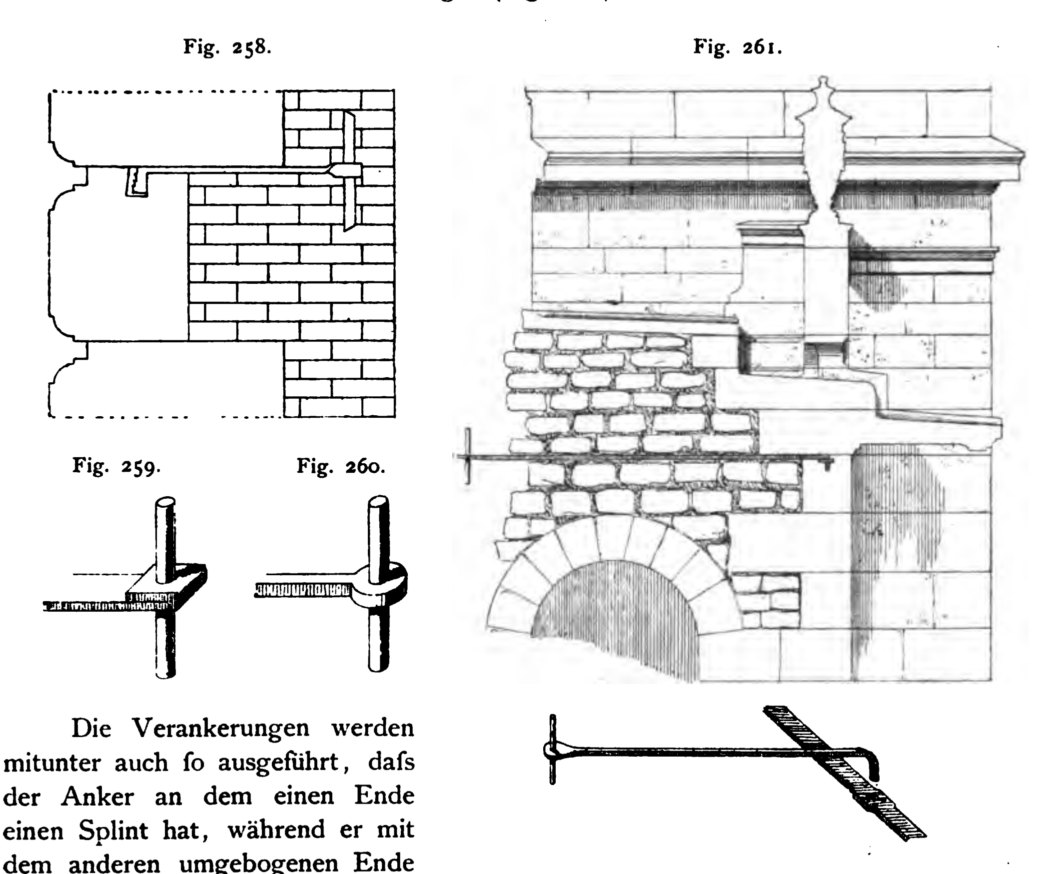


Fig. 258. Fig. 259. Fig. 260. Fig. 261.

Die Verankerungen werden mitunter auch ſo ausgeführt, daſs der Anker an dem einen Ende einen Splint hat, während er mit dem anderen umgebogenen Ende in das Loch einer in der Längsrichtung der Mauer laufenden Eiſenſchiene greift, welche denſelben Dienſt auch noch anderen Ankern leiſtet.

57) In: Die Maurerkunſt. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 306.

58) Nach: Allg. Bauz. 1838, S. 137.

Fig. 261 zeigt die Anwendung dieſes Syſtemes beim Reſtaurationsbau des Schloſſes Saint-Germain bei Paris [59]).

Anzuführen ſind hier auch die Verankerungen mit langen Eiſenſchienen, an welchen in Abſtänden Zapfen befeſtigt ſind, die in die Steine eingreifen. Bei dieſen und ähnlichen Conſtructionen ſind die Gefahren zu berückſichtigen, die, auſser durch das Roſten, auch durch die Ausdehnung und Zuſammenziehung der langen Eiſenſchienen bei Temperaturänderungen für das Mauerwerk erwachſen können.

Sehr ausgedehnte Verankerungen kommen bei ſolchen Gebäuden zur Anwendung, welche gegen die Wirkungen von Erdbeben oder Bodenſenkungen geſchützt werden ſollen. Ueber die beſonderen Conſtructionen zu dieſem Zwecke findet ſich das Nähere in Theil III, Band 6 dieſes »Handbuches« (Abth. V, Abſchn. 1, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodenſenkungen und Erderſchütterungen).

106. Verbindung auf einander folgender Schichten.

Die Verbindung der Steine auf einander folgender Schichten erfolgt durch prismatiſch, cylindriſch oder doppelt ſchwalbenſchwanzförmig geſtaltete Stücke von Stein, Holz oder Metall, welche in beide Lagerflächen auf angemeſſene Tiefe eingreifen, durch die ſog. Dübel [60]) oder Dollen.

Die ſteinernen Dübel werden nur da angewendet, wo die Gröſse der Quader dies geſtattet; ſie ſind im Querſchnitt quadratiſch und erhalten eine Länge, die etwa dem fünften Theile der Höhe der zu verbindenden Quader entſpricht, während die Breite etwa eben ſo groſs bis zwei Drittel davon gemacht wird. Der Stein zu denſelben muſs ſehr feſt und zähe ſein. Sie werden häufig in das obere Lager der unteren Schicht genau paſſend mit Cement eingeſetzt, während das Loch im unteren Lager der oberen Schicht groſs genug ſein muſs, um ein bequemes Verſetzen zu ermöglichen. Der Zwiſchenraum wird in der ſpäter zu beſchreibenden Weiſe mit Cement ausgegoſſen. Für das Vergieſsen iſt es beſſer, umgekehrt zu verfahren und den Dübel im unteren Lager des oberen Steines zu befeſtigen. Es gilt dies auch für die Dübel aus anderen Stoffen.

Die hölzernen Dübel ſind ähnlich geſtaltet, wie die ſteinernen und von ähnlicher Gröſse. Sie müſſen von möglichſt trockenem, feſtem, zähem und dauerhaftem Holz (Eiche, Cypreſſe, Olive) hergeſtellt werden. Die Fugen füllt man mit Sand oder Harzkitt aus. Von den Griechen ſind hölzerne Dübel vielfach bei den Tempelbauten verwendet worden.

Die metallenen Dübel (am beſten von Bronze oder Kupfer, am häufigſten von Eiſen) werden ähnlich verſetzt wie die ſteinernen, erhalten eine Länge, die auch für die gröſsten Quader mit ca. 15 cm genügend, gewöhnlich aber mit 8 bis 10 cm hinlänglich groſs iſt, und eine Dicke von 2,5 bis 5 cm. Die beiden Enden werden nach entgegengeſetzter Richtung aufgehauen. In den Löchern werden ſie mit den ſchon für die Klammern angegebenen Mitteln vergoſſen.

In Ermangelung von Beſſerem hat man ſich zur Herſtellung von Dübeln auch ſchon runder Kieſelſteine, Bleikugeln und der Schenkelknochen kleiner Thiere bedient.

Fig. 262.



Es muſs hier noch angeführt werden, daſs man die Metalldübel, und zwar gewöhnlich in doppelt ſchwalbenſchwanzförmiger Geſtalt (wie Fig. 250), auch zur Verbindung der Stoſsfugen aufrecht geſtellter Platten benutzt (Fig. 262), bei denen eine Klammerverbindung im oberen Lager eine Bewegung im unteren Theil nicht verhindern könnte, wie ſie z. B. durch Gefrieren von eingedrungenem Waſſer oft verurſacht wird. Eben ſo verwendet man

Fig. 263.

[59]) Nach: *Gazette des arch.* 1863, S. 217.

[60]) Auch Dübbel, Düpel, Diebel, Dippel, Dobel oder Döbel genannt.

zur Verbindung der Stoſsfugen von Deckplatten mitunter Steindübel (Fig. 263), um ſeitliche Verſchiebungen zu verhindern. Eine beſondere Fugengeſtaltung für dieſen Zweck (vergl. Fig. 220) iſt allerdings koſtſpieliger, aber auch ſolider, da die Dübel bei ſtärkeren Steinen nicht in der ganzen Höhe der Stoſsflächen ausgeführt werden.

107. Verbindung der Wölbſteine.

Zur Verbindung der Wölbſteine in den Lagerfugen bedient man ſich mitunter auch der Dübel, ausnahmsweiſe der Klammern. Die Dübel werden auch zu dieſem Zwecke aus Stein, Holz oder Metall gefertigt.

Beim Bau der Blackfriars-Brücke in London hat man ſich beiſpielsweiſe würfelförmiger Steindübel bedient.

Fig. 264.

Die mittelalterlichen Bogen im Hofe des alten Poſtgebäudes zu Baſel waren in ſämmtlichen Steinen durch eiſerne in Blei vergoſſene Dübel von ca. 9 cm Länge und 9 qcm Querſchnitt verbunden, ſo daſs deren Abbruch, der wegen des Wiederaufbaues derſelben ſorgfältig geſchehen muſste, die gröſsten Schwierigkeiten verurſachte [61]).

Die Gewölberippen der Marien-Kirche in Stuttgart wurden durch Bleidübel verbunden. Es wurde hier Blei gewählt, um bei der allmählich fortſchreitenden Belaſtung während des Baues die Rippen etwas biegſam zu haben. Aus demſelben Grunde wurden auch die Rippenfugen mit Bleiguſs ausgefüllt [62]).

Die Dübel müſſen normal zu den Lagerfugen geſtellt werden (Fig. 264 a). Bei ſcheitrechten Bogen kommen auch **Z**-förmige Klammern zur Verwendung (Fig. 264 b).

Die Verankerungen von Gewölben zur Verminderung oder Aufhebung des Schubes derſelben werden im nächſten Bande dieſes »Handbuches« (bei den Gewölben) zur Beſprechung gelangen.

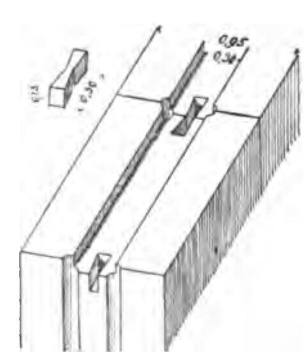
108. Verbindung in den Stoſs- und Lagerfugen.

Zur Verhinderung der Verſchiebung von Steinen ſowohl neben, als über einander werden die beſprochenen Hilfsſtücke combinirt in den Lager- und Stoſsfugen zur Anwendung gebracht.

Sehr ausgiebigen Gebrauch in dieſer Beziehung haben u. A. die Griechen bei der Herſtellung ihrer Tempel gemacht, dabei aber von der Verwendung eines Mörtels abgeſehen.

Eben ſo kommen die Verbindungen durch beſondere Formung der Fugenflächen und durch Hilfsſtücke combinirt zur Anwendung, in beſonders ausgedehntem Maſse beim Bau der Leuchtthürme [63]).

Fig. 265.



Daly [64]) macht Mittheilung von ägyptiſchen Mauern, die er in Denderah, am ſog. Hypaithral-Tempel von Philae und a. a. O. gefunden hat und welche in höchſt intereſſanter Weiſe die combinirte Verwendung von Mörtelcanälen und Schwalbenſchwänzen (wahrſcheinlich wie ſonſt aus Sycomoren-Holz) zur Herſtellung einer allſeitigen Unverſchieblichkeit der auf das genaueſte, mit ganz ſcharfen Fugen bearbeiteten Quader zeigen. Fig. 265 ſtellt einen Theil einer ſolchen Conſtruction dar. Die Quader haben in den oberen und unteren Lagerflächen, eben ſo in den Stoſsflächen, Canäle, die mit ausgezeichnetem Mörtel ausgefüllt waren. Auſserdem griffen über die Stoſsfugen die ſchon erwähnten Schwalbenſchwänze.

109. Befeſtigung der Hilfsſtücke.

Die für die Hilfsſtücke in die Fugenflächen einzuarbeitenden Löcher können nicht derartig hergeſtellt werden, daſs ſie ganz dicht an erſtere anſchlieſsen. Ein

61) Siehe: Deutſches Baugwksbl. 1882, S. 115.

62) Siehe: Deutſche Bauz. 1880, S. 554.

63) Ein inſtructives Beiſpiel hierfür bietet *The Chickens Rock Lighthouſe. Engineer*, Bd. 47, S. 356.

64) In: *Revue gén. de l'arch.* 1882, S. 51.

Herausziehen derselben bleibt also möglich. Man macht deshalb die Löcher von vornherein etwas gröser und so gros, dass man sie nach dem Einbringen der Hilfsstücke bequem und sicher mit einem zweckentsprechenden Material ausfüllen kann. Man verwendet dazu, wie schon erwähnt, bei steinernen Hilfsstücken reinen Cementmörtel; bei solchen von Holz in trockener Lage Sand und dort, wo sich Zutritt von Feuchtigkeit erwarten läfst, Harzkitt; bei Hilfsstücken von Metall Blei, Kitt, Cement, Schwefel, Gyps, Asphalt. Eisenklammern kann man ausserdem noch dadurch zum festen Anschlufs an die Steine bringen, dafs man sie vor dem Einsetzen erhitzt; beim Erkalten ziehen sie sich zusammen und pressen hierdurch die zu verbindenden Stücke an einander.

Das Blei ist zwar theuer, aber zu dem angegebenen Zweck vorzüglich geeignet. Es wird geschmolzen und in das vorher sorgfältigst zu trocknende Loch um das Metallstück gegossen. Beim Erkalten zieht es sich zusammen, legt sich in Folge dessen fest an die Klammerfüfse oder Dübel an, löst sich aber gleichzeitig vom Steine los. Damit die so entstehenden Hohlräume nicht verbleiben, mufs das Blei mittels eines Stemmeisens nachgekeilt werden. Diese letztere nicht zu versäumende Arbeit läfst das Blei nur da anwendbar erscheinen, wo man dieselbe auch ausführen kann, also nur bei Klammern und an einem der Dübelenden. Sie müfste also beim zweiten Dübelende unterlassen werden, weil dieses nur durch einen Gufscanal nach dem Versetzen des zweiten Steines umfüllt werden kann. Die vorgeschlagene Füllung der sich bildenden Höhlungen mit Cement ist nicht zu empfehlen, weil nach neueren Erfahrungen Cement und Kalk rasch zersetzend auf das Blei einwirken sollen.

Von den Kitten kommen zur Anwendung Rostkitte (Gemenge von Kalk, Cement oder Gyps mit Eisenfeilspänen), Harzkitte (hergestellt aus Pech, Schwefel und feinem Quarzsand oder Ziegelmehl) und Oelkitte (z. B. bereitet aus Bleiglätte, Kalkhydrat und Leinölfirnifs). Die Kitte sind zum Theile recht gut, oft auch theuer und können meist, wie das Blei, nur da angewendet werden, wo man sie fest in die Löcher eindrücken kann.

Sehr gut bewährt hat sich der Portland-Cement, namentlich für die Befestigung von Eisen in Stein. Unter der dichten Umhüllung von Cement rostet das Eisen anfänglich nur sehr wenig, wird aber durch dieselbe vor dem weiteren Rosten geschützt. Um gute Erfolge zu erzielen, mufs man dem Cement die nöthige Zeit und Ruhe zur völligen Erhärtung lassen.

Den Schwefel, der sich sehr bequem an allen Stellen anwenden läfst, sehr rasch fest wird und aufserordentlich wetterbeständig ist, betrachtet man trotzdem für die Befestigung von Eisen mit einem gewissen Misstrauen, weil sich unter Einwirkung der Atmosphäre Schwefeleisen bilden, in Folge der dabei eintretenden Volumvermehrung die Steine aus einander treiben und aufserdem dieselben auch braunroth färben soll. Es wird zur Verhütung dieser Uebelstände empfohlen, bei der Anwendung von Schwefel denselben weit über den Schmelzpunkt zu erhitzen, bis er eine tiefbraune Farbe annimmt. Zweckmäfsig ist es, Stein und Eisen vor dem Vergiefsen etwas zu erwärmen. Zur Befestigung von Eisen in Stein hat sich auch das Verfahren bewährt, ein Gemenge von Schwefel und Eisenfeilspänen mit Essig zu übergiefsen, wodurch sich eine sich selbst erhitzende Masse ergiebt, welche sich zum Vergiefsen eignet und nach dem Erkalten hart wird.

Der Gyps ist ebenfalls sehr bequem zu verwenden und wird auch sehr rasch fest, ist aber nicht wetter- und wasserbeständig und daher nur im Trockenen brauchbar.

Aber auch da befördert er beim Eifen die Roftbildung, fo dafs er jedenfalls nur dann benutzt werden follte, wenn auf grofse Dauerhaftigkeit der Verbindung kein befonderer Werth gelegt wird.

Afphalt fchützt zwar das Eifen vortrefflich, bekommt aber zu wenig eigene Feftigkeit, um Bewegungen der Verbindungsftücke zu verhindern. Er ift defswegen auch nur dort anzuwenden, wo die Einwirkung von Kräften und, da er leicht fchmelzbar ift, auch die von Hitze ausgefchloffen ift.

110. Vorfichtsmafsregeln.

Die leichte Vergänglichkeit von Holz und Eifen, eben fo die Gefahr, welche durch die Volumvergröfserung diefer Materialien beim Quellen, bezw. Roften herbeigeführt wird, macht befondere Vorfichtsmafsregeln bei Verwendung derfelben nothwendig. Es erftrecken fich diefe auf den Ort der Verwendung und auf Behandlung der Oberflächen der Verbindungsftücke.

Holz fowohl, als Eifen follten nur an folchen Stellen zur Anwendung gelangen, wo fie den Einwirkungen der Atmofphäre und der Feuchtigkeit entzogen find, alfo an vorausfichtlich trocken bleibenden Orten und möglichft tief in den Mauern. Aber auch da find die betreffenden Conftructionstheile den Einwirkungen der Mörtelfeuchtigkeit ausgefetzt, bis diefelbe, was oft recht lange dauert, verdunftet ift. (Der trocken gewordene Mörtel wird weiterhin dann fchützend wirken.) Es ift demnach in allen Fällen angezeigt, die Oberfläche der Holz- und Eifenftücke weniger empfindlich zu machen.

Bei Holz, welches vor der Verwendung fchon ganz trocken fein follte, ift tüchtiges Auskochen zu empfehlen, desgleichen Tränken mit heifsem Leinölfirnifs.

Für den Schutz des Eifens kommen mannigfaltige Mittel in Anwendung. Solche Schutzmittel find: Eintauchen der noch heifsen Eifenftücke in Schmiedepech oder Oelfirnifs; beffer Ueberzug mit heifsem Afphalt; Anftrich mit Afphaltlack; verfchiedene Metallüberzüge. Die letzteren find im Allgemeinen das empfehlenswerthefte Schutzmittel. Unter ihnen find am beften, allerdings auch am theuerften, das Verkupfern oder Verbleien. Häufiger wird das Verzinnen oder Verzinken angewendet, und zwar ift das letztere dem erfteren entfchieden vorzuziehen, weil die geringfte Verletzung oder Unvollftändigkeit des Zinnüberzuges das Roften geradezu befördert.

Literatur.

Bücher über »Conftructions-Elemente in Stein« und »Mauerwerkskunde«, fo wie über »Steinhauerarbeit« und »Steinfchnitt«.

BOSSE, A. Kunftrichtig und probmäfsige Zeichnung zum Steinhauen in der Baukunft. Aus dem Franz. von DES ARGUES. Nürnberg 1699.

DE LA RUE, J. B. *Traité de la coupe des pierres.* Paris 1728. (3. Aufl. 1858.)

FREZIER. *La théorie et la pratique de la coupe des pierres etc.* Strafsburg 1737—39.

LUCOTTE. *L'art de maçonnerie.* Paris 1783.

MATTHAEY, C. Handbuch für Maurer etc. Ilmenau 1824. (5. Aufl.: Die praktifchen Arbeiten und Baukonftruktionen des Maurers und Steinhauers etc. Weimar 1879.)

DOULIOT, J. C. *Traité fpécial de la coupe des pierres.* Paris 1825. (2. Aufl. 1862.) — Deutfch von C. F. DEYHLE. Stuttgart 1826.

HÖRNIG, G. S. Theoretifch-praktifches Handbuch der verfchiedenen Maurerarbeiten etc. Leipzig 1836.

ROMBERG, J. A. Die Steinmetz-Kunft in allen ihren Theilen. Magdeburg 1837.

ADHÉMAR, A. J. *Traité de la coupe des pierres.* Paris 1837. — Deutfch von O. MÖLLINGER. Solothurn 1842.

ROMBERG, J. A. Die Mauerwerks-Kunft in allen ihren Theilen. Wien 1838.

RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinfchnittes der Mauern, Bogen, Gewölbe und Treppen. Berlin 1844.

TOUSSAINT DE SENS. *Manuel de la coupe des pierres.* Paris 1844.

LEROY, CH. F. A. *Traité de ſtéréotomie etc.* Paris 1844. (Deutſch von E. F. KAUFFMANN. Stuttgart 1847.)

MENZEL, C. A. Der praktiſche Maurer etc. Halle 1846. (8. Aufl.: Der Steinbau. I. Theil. Von F. HEINZERLING. Leipzig 1882—85.)

Grundlage der praktiſchen Baukunſt. I. Theil. Maurerkunſt etc. 4. Aufl. Berlin 1850.

CLAUDEL, J. ET L. LAROQUE. *Pratique de l'art de conſtruire. Maçonnerie etc.* Paris 1850. (4. Aufl. 1870.) — Deutſch von W. HERTEL. Weimar 1860.

WEDEKE, J. C. u. J. A. ROMBERG. Die Maurerwerksarbeiten. Leipzig 1853.

HARRES, B. Die Schule des Maurers etc. Leipzig 1856. (5. Aufl. von E. HARRES. 1881.)

HARRES, B. Die Schule des Steinmetzen etc. Leipzig 1857. (2. Aufl. 1866.)

FLEISCHINGER & BECKER. Syſtematiſche Darſtellung der Bauconſtructionen. — Die Mauerwerks- oder Steinconſtructionen. Berlin 1862—64.

BRAND, C. v. Praktiſche Darſtellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekannten Geſetzen. Berlin 1864.

DEMANET, A. *Guide pratique du conſtructeur; maçonnerie.* Paris 1864.

MENZEL, C. A. Das Mauerwerk und der Mauerverband etc. Herausg. u. verm. von C. SCHWATLO. Halle 1866.

LAVIT, PÈRE ET FILS. *Traité de la coupe des pierres.* Marſeille 1866.

MÖLLINGER, C. Elemente des Steinbaues etc. Heft 1: Konſtruktionen des Bruchſtein- und Quaderbaues. Halle 1869.

MÖLLINGER, C. Bauconſtructions-Vorlagen der Baugewerksſchule zu Höxter. — Heft 1 u. 2: Mauerconſtructionen. Höxter 1880. — Heft 3: Conſtructionen des Bruchſtein- und Quaderbaues. Halle 1870.

WEHRLE, J. Projective Abhandlung über Steinſchnitt etc. Zürich 1871—74.

MÜLLER, H. Die Maurerkunſt. Leipzig 1875.

HOFFMANN, E. H. Die Bauten von Stein. Leipzig 1875. (3. Aufl. Deutſche bautechniſche Taſchenbibliothek, Heft 7. 1884.)

HAMMOND, A. *Rudiments of practical bricklaying etc.* London 1875.

SCOTT BURN. *Building conſtruction, ſhowing the employment of brickwork and maſonry in the conſtruction of buildings.* Glasgow 1876.

WARREN, S. E. *Stereotomy: problems in ſtone cutting etc.* New-York 1876.

Vorlegeblätter der Baugewerkſchule zu Holzminden. Mauer-Conſtructionen. Leipzig 1879.

HERDEGEN, F. u. A. RANCHNER. Vorlagen für den bautechniſchen Unterricht an der Kgl. Induſtrieſchule etc. zu München. A. Bauconſtructionslehre. Lief. 1 u. 2. München 1880.

MONDUIT, L. *Étude pratique de la ſtéréotomie ou coupe des pierres.* Paris 1880.

SCHMIDT, O. Neuere Bauformen des Ziegel-, Quader- und Holzbaues. 1. Lief. Der Verband der Mauerſteine. Berlin 1881.

SCHAUPENSTEINER. Die Lehre vom Bauverband etc. Leipzig 1882.

2. Abfchnitt.

Conftructions-Elemente in Holz.

Von Dr. F. HEINZERLING.

1. Kapitel.

Holzverbände.

111. Zweck.

Der Holzverband bezweckt diejenige Vereinigung von Balken, Bohlen und Brettern, welche die Herftellung der verfchiedenen Holz-Conftructionen eines Hochbau-Objectes erfordert. Hölzerne Balken kommen mit Querfchnitts-Dimenfionen von 20 bis höchftens 40 cm und Längen von 10 bis höchftens 15 m, Bohlen in Stärken von 5 bis 10 cm, Breiten von 25 bis 40 cm und Längen von 3 bis 5, höchftens 7,5 m, Bretter in Stärken von 1,5 bis 4,5 cm, Breiten von 15 bis 25 cm und Längen von 3 bis 4,5, höchftens 6 m zur Anwendung.

Wo diefe Abmeffungen zu Hochbau-Conftructionen von gröfserer Ausdehnung nicht ausreichen, bezweckt der Holzverband zur Herftellung der erforderlichen Längen-, Breiten- und Stärken-Dimenfionen zunächft:

a) eine Verlängerung der Verbandftücke in wagrechter, lothrechter oder geneigter Richtung;

b) eine Verbreiterung der Verbandftücke nach einer diefer Richtungen, oder

c) eine Verftärkung der Verbandftücke durch Verbindung derfelben in der Richtung ihrer Dicke.

Wo ferner die Hochbau-Conftructionen die Zufammenfetzung von Verbandftücken unter rechtem, fpitzem oder ftumpfem Winkel, alfo eine Winkelverbindung erfordern, bezweckt der Holzverband entweder:

d) einen Winkelverband in einer Ebene, oder

e) einen Winkelverband in zwei oder in mehreren parallelen Ebenen.

Nach dem vorliegenden befonderen Bedürfniffe bezweckt der Holzverband eine Verbindung nach einer Richtung, nach zwei oder nach drei zu einander normalen Richtungen, wovon jede der erften beiden Verbindungen eine relativ fefte und nur die letztere eine abfolut fefte Verbindung ift.

112. Verbindungsweife.

Jede Vereinigung zweier hölzernen Verbandftücke wird durch die dem jeweiligen Zwecke entfprechende Form ihrer Berührungsflächen oder Fugen, und zwar — je nachdem nur eine Verbindung oder eine Befeftigung derfelben nöthig ift — ohne oder mit Anwendung befonderer hölzernen oder eifernen Befeftigungsmittel bewirkt. Sowohl die Form der Fuge, als auch die Form und Lage des Befeftigungsmittels hängen von der Feftigkeit und der eigenthümlichen Fafer-Structur des Holzes ab.

Grundformen der Fuge.

	Kurze Fugen (Balken).			Lange Fugen (Bretter und Bohlen).		
Stofs (Stofsen).	Gerader Stofs	I		Stumpfe Fuge (Säumen)	I a	
	Schräger Stofs	II		Schräge Fuge (Meffern)	II a	
	Stofs auf Gehrung	III		Fuge auf Gehrung	III a	
Blatt (Verblatten).	Gerades Blatt	IV		Falz (Verfalzung)	IV a	
	Schräges Blatt	V				
	Gerades Hakenblatt	VI		Verfchränkung	VI a	
	Schräges Hakenblatt	VII				
Verfatzung (Verfatzen).	Gerade Verfatzung	VIII				
	Schräge Verfatzung	IX		Verzahnung	IX a	
	Gebrochene Verfatzung	X		Keilfpundung	X a	
	Einfache Verfatzung	XI				
	Doppelte Verfatzung	XII				
Klaue (Aufklauen).	Einfache Klaue	XIII				
	Klaue mit Zapfen im Neft	XIV				

Zapfen (Verzapfen).	Blattzapfen	XV		Verzapfung	XV a	
	Schlitz- oder Scherzapfen	XVI		Nuth und Feder	XV b	
	Nuthzapfen	XVII		Quadratfpundung	XVII a	
	Keilzapfen	XVIII		Nuthen auf den Grat	XVIII a	
	Bruftzapfen	XIX				
	Weifsfchwanzzapfen (mit Keil)	XX				
	Kreuzzapfen	XXI		Anfchäften	XXI a	
Kamm (Verkämmen).	Einfacher Kamm	XXII		Nuth und Feder	XXII a	
	Doppelter Kamm	XXIII		Desgl.	XXIII a	
	Schwalbenfchwanzkamm	XXIV		Verzinkung	XXIV a	
	Weifsfchwanzkamm	XXV				
	Kreuzkamm	XXVI		Verdeckte Verzinkung	XXIV b	

Während die Zug- und Druckfeftigkeit des Holzes nicht wefentlich verfchieden ift, da letztere zwifchen ca. $^3/_4$ bis $^7/_8$ der erfteren fchwankt, fo ift die Schubfeftigkeit deffelben fehr verfchieden, je nachdem die Schubkraft parallel oder normal zu der Richtung der Fafern wirkt, da die erftere nur zu etwa $^2/_7$ der letzteren angenommen werden kann. Alle Holzverbände find daher fo anzuordnen, dafs, wo möglich, nur die Druck- oder Zugfeftigkeit des Holzes und deffen Schubfeftigkeit normal zu feiner Faferrichtung zur Wirkung kommt und dafs, wo deffen Schubfeftigkeit parallel zu feiner Faferrichtung in Anfpruch genommen werden mufs, Form und Mafs der Fuge der relativ geringeren Leiftungsfähigkeit des Holzes vollkommen entfprechen.

Zur Erhöhung ihrer Dauer find die Holzverbände möglichft fo anzuordnen, dafs ein Eindringen von Feuchtigkeit in die Fuge, alfo die Entftehung von Fäulnifs in derfelben, thunlichft verhütet wird, oder dafs, wo das Eindringen von Näffe nicht zu verhindern ift, diefelben wenigftens fo angeordnet werden, dafs die Näffe leicht abziehen kann und die Luft Zutritt hat, um das Austrocknen zu befördern.

113. Grundformen der Fuge.

Die Form der Fuge mufs ftets ein An- oder Ineinanderfügen der Verbandftücke geftatten; fie ftellt alfo, da die letzteren auf dem umgekehrten Wege aus einander genommen werden können, an und für fich eine Verbindung, nicht aber eine Befeftigung her. Sie reicht für fich nur in den Fällen aus, wo eine Verfchiebung nach einer oder nach zwei zu einander fenkrechten Richtungen zu vermeiden ift, und geftattet in diefen Fällen eine Verbindung herzuftellen, welche die Befeftigung der Verbandftücke erfetzt. Zur Verbindung von Balken und Pfählen, als Verbandftücken mit kurzen Fugen, dienen: der Stofs, das Blatt, die Verfatzung, der Zapfen, die Klaue und der Kamm; zur Verbindung von Balken, Pfählen, Bohlen und Brettern, als Verbandftücken mit langen Fugen, dienen: das Säumen oder Fugen, der Falz, die Verfchränkung, die Verzahnung, die Spundung, die Verzapfung, die Verzinkung, Nuth und Feder und das Anfchäften, welche mit den erftgenannten Verbindungen verwandt, und zwar theils Verlängerungen, theils Wiederholungen derfelben find. Eine Ueberficht über diefe Grundformen der Fuge, worin die verwandten Formen gegenüber geftellt find, giebt die umftehende Tafel.

a) Befeftigungsmittel.

Da die Form der Fuge für fich allein nicht ausreicht, um eine Befeftigung der Verbandftücke herzuftellen, fo wendet man hierzu befondere Verbandftücke an, welche nach Mafsgabe der an fie geftellten Anforderungen entweder aus hartem Holze oder aus Eifen, und zwar, je nach der Art ihrer Beanfpruchung, aus Schmiedeeifen, aus Gufseifen oder aus beiden zugleich beftehen.

1) Befeftigungsmittel aus Holz.

Die wichtigften hölzernen Befeftigungsmittel find Dollen, Dübel und Federn, Nägel, Keile, Klammern und Lafchen.

114. Dollen.

α) Die Dollen (fiehe Fig. 270 u. 300) dienen zur Befeftigung von Balken bei deren Verlängerung oder Winkelverbindung und beftehen in cylindrifchen oder vier- und mehrfeitig prismatifchen Holzftückchen, welche bezw. die ganze bis halbe und die halbe Dicke der Verbandftücke zur Länge und $^1/_{10}$ bis $^1/_5$ derfelben zur Stärke erhalten. Die Dollen, welche erft unten, dann oben mit Anwendung von heifsem Theer oder Leim in ihre Sitze feft eingetrieben werden, find äufserlich nicht fichtbar.

β) Die Dübel (fiehe Fig. 318 bis 320[65]) follen eine Verfchiebung auf einander gelegter Verbandftücke nach einer Richtung verhindern und beftehen in prismatifchen Holzftücken mit meift quadratifchem oder rechteckigem, bisweilen doppelt fchwalbenfchwanzförmigem Querfchnitt. Sie erhalten die halbe bis ganze Breite ihrer Verbandftücke zur Länge, je nachdem fie verdeckt oder äufserlich fichtbar fein follen, deren halbe bis viertel Höhe zur Breite und $^{1}/_{10}$ bis $^{1}/_{6}$ diefer Höhe zur Dicke. Um die äufserlich fichtbaren Dübel beim Schwinden der Verbandftücke nachtreiben zu können, erhalten fie vortheilhaft die Form fchlanker Keile.

115.
Dübel.

γ) Die Nägel (fiehe Fig. 274, 285, 287, 293, 295 u. 296) dienen zur Befeftigung von über einander verlegten Verbandftücken und beftehen in vier- bis achtfeitigen prismatifchen Holzftückchen, welche bei einer Stärke von 1 bis 3 cm die Höhe beider Verbandftücke zur Länge erhalten und in vorher gebohrte Nagellöcher eingetrieben werden. Durch conifche Erweiterung der Nagellöcher nach aufsen und durch Eintreiben kleiner Keile in die Hirnenden der Nägel laffen fich deren Enden nach Art verfenkter Nietköpfe verdicken, wodurch die Befeftigung der Verbandftücke nach der Längenaxe der Nägel wefentlich erhöht wird.

116.
Nägel.

δ) Die Keile (fiehe Fig. 275, 276 u. 292) kommen als einfache und doppelte zur Verwendung. Die erfteren dienen theils zum Aneinanderpreffen von Verbandftücken, theils zum Auseinandertreiben von Zapfen und Nägeln innerhalb ihrer Sitze, die letzteren zum Auseinanderpreffen paralleler Fugen behufs dichteren Anfchluffes der Verbandftücke, wie z. B. bei der Verdübelung von Balken (fiehe Fig. 320).

117.
Keile.

ε) Die Klammern dienen zur Befeftigung neben einander befindlicher Verbandftücke und befitzen die Form eines doppelten Schwalbenfchwanzes, welcher verdeckt oder äufserlich fichtbar eingelegt wird, die Hälfte feiner Länge zur Breite und $^{1}/_{4}$ bis $^{1}/_{3}$ feiner Breite zur Dicke erhält.

118.
Klammern.

2) Befeftigungsmittel aus Eifen.

Die wichtigften eifernen Befeftigungsmittel find Schrauben, Nägel, Klammern, Schienen, Ringe, Anker und Hängeeifen.

ζ) Die Schrauben dienen zum dichten Aneinanderpreffen der Verbandftücke. Bei Balken und ftarken Bohlen wendet man Kopffchrauben (Schraubenbolzen), bei fchwachen Bohlen und Brettern fog. Holzfchrauben an.

119.
Schrauben.

a) Die Schraubenbolzen (fiehe Fig. 281, 283 u. 316 bis 320) erhalten Längen und Dicken, welche bezw. der Stärke der Verbandftücke und dem erforderlichen Grade der Zufammenpreffung entfprechen müffen, die in den einzelnen Fällen verfchieden find. Ueber die zu wählenden Dimenfionen der Bolzen, Köpfe, Muttern und Unterlagsplättchen ift im folgenden Abfchnitt (Kap. 1, unter b) das Erforderliche zu finden.

b) Die Holzfchrauben erhalten, je nachdem fie verfenkt werden follen oder nicht, bezw. einen umgekehrt conifchen oder faft halbkugelförmigen Kopf, welcher jederzeit mit einem Einfchnitte zum Einfetzen des Schraubenziehers verfehen ift, und eine fchlank conifche Spindel mit Schraubengängen, welche im Querfchnitt ein rechtwinkeliges, meift gleichfchenkeliges Dreieck zeigen.

η) Die Nägel (fiehe Fig. 306 u. 313) dienen ebenfalls zum Aneinanderpreffen der Verbandftücke, erhalten je nach deren befonderem Zwecke fchlanke, keilförmig

120.
Nägel.

[65]) Siehe die Fufsnote 60 auf S. 86.

zulaufende Schäfte mit dreieckigem, rechteckigem oder quadratischem Querschnitt oder cylindrische Schäfte und höhere pyramidenförmige, halbkugelförmige, flache oder conische Köpfe von quadratischer, ovaler oder runder Grundform. Hiernach unterscheidet man die Nägel im engeren Sinne, die Spieker, die Querköpfe und die gewöhnlich aus ungeglühtem Eisendraht maschinell hergestellten Drahtstifte. Die gröfseren Nägel (Leistnägel), welche zur Befestigung der gröfseren Verbandstücke dienen und auf besondere Bestellung bis zu 50 cm Länge und darüber geschmiedet werden, sind in Längen von 15 bis 30 cm im Handel, während die kleineren Nägel, Spieker und Querköpfe, je nachdem sie zur Befestigung von Bohlen oder Brettern dienen, Längen von 5 bis 15 cm und die Drahtstifte Längen von 1 bis 20 cm und 0,25 bis 6 mm Schaftdurchmesser erhalten.

121. Klammern.

ϑ) Die Klammern (siehe Fig. 266 u. 272) dienen theils zum Zusammenhalten zweier gestofsenen Balkenstücke und bilden dann U-förmig gebogene, sog. Hakenklammern mit 20 bis 40 cm langem Zwischenstück und kürzeren, entweder spitzen Enden (Fig. 266), welche mit dem Hammer eingetrieben, oder stumpfen Enden, welche paarweise sich gegenüber eingelassen und durch Schrauben angezogen werden, theils zum Festhalten anderer Befestigungsstücke mit 5 bis 10 cm langem Zwischenstück und mindestens eben so langen spitzen Enden (Fig. 272).

122. Schienen.

ι) Die Schienen (siehe Fig. 268, 273 u. 277) dienen ebenfalls zum Zusammenhalten gestofsener Balken und bestehen aus Flacheisen, welche paarweise sich gegenüber auf die Balken gelegt oder in dieselben eingelassen und entweder fest genagelt oder durch Schraubenbolzen angezogen werden.

Die Stärke jener Hakenklammern und dieser Schienen, so wie die erforderliche Zahl und Stärke der Schraubenbolzen und Nägel hängt von dem Zuge ab, welchen ein Balken auf den anderen übertragen soll und welchem die ersteren mit ihrer Zugfestigkeit, die letzteren mit ihrer Schubfestigkeit zu widerstehen haben.

123. Ringe.

ϰ) Die Ringe (siehe Fig. 270 u. 278) sind kreisförmig gebogene Flacheisen, welche entweder eine Verschiebung gestofsener, lothrechter Pfähle verhindern sollen und dann in dieselben eingelassen werden und aus einem Stück bestehen, oder die durch Ueberblattung oder Verzapfung verbundenen Pfähle zusammenhalten sollen und dann aus je zwei durch ein Scharnier verbundenen Hälften bestehen, welche in die Stämme eingelassen und durch in einander greifende Oesen und Stifte zusammengehalten werden.

124. Anker.

λ) Die Anker, welche zur Verbindung der Balken mit dem Mauerwerk dienen, die sog. Gebälk- oder Balken-Anker, bestehen aus Flacheisen, welche an dem im Mauerwerke steckenden oder aufserhalb der Mauer befindlichen Ende mit der zur Aufnahme eines eisernen Splintes erforderlichen Oese versehen, am anderen, dem Balken anliegenden Ende etwas übergebogen und durch Nägel nebst Klammer mit dem Balken fest verbunden sind. (Ueber Einzelheiten in der Gestaltung solcher Anker siehe den nächsten Abschnitt, Kap. 5.)

125. Hängeeisen.

μ) Die Hängeeisen (siehe Fig. 356, 363, 365 u. 367), welche zur Verbindung lothrechter und wagrechter Balken dienen, werden an die ersteren (Hängesäulen) eben so wie die Schienen, und zwar mittels der erforderlichen Zahl von Schraubenbolzen, angeschlossen, während sie unten entweder direct verbunden sind, also aus einem Stücke bestehen, oder in Schraubenspindeln endigen, durch welche je ein die wagrechten Balken unterstützendes eisernes Querplättchen gesteckt und mittels je zweier starken Muttern angezogen wird. Nur wenn die Hängesäulen durch eine meist runde Hänge-

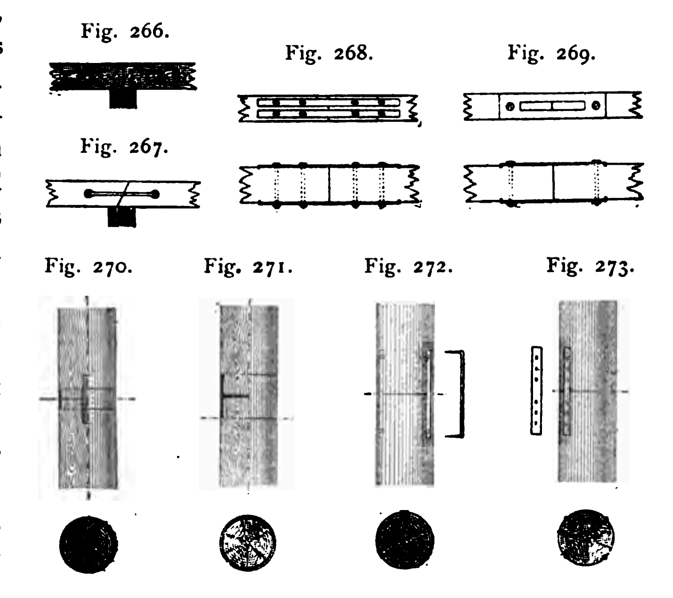
ſtange (ſiehe Fig. 359) erſetzt werden, läſſt man dieſelbe durch die wagrechten Balken reichen, verſieht ſie unten mit einer Spindel und unterſtützt die letzteren durch einen kurzen ſchmiedeeiſernen Sattel, welchen man mittels einer Mutter anzieht.

b) Holzverbände.

1) Verlängerung der Verbandſtücke (Balken).

126. Gerader und ſchräger Stoſs.

α) Der gerade Stoſs (I[66]) dient zur wagrechten und lothrechten Verlängerung; er fordert im erſteren Falle eine Unterſtützung an der geſtoſsenen Stelle und widerſteht nur einem Druck nach der Längsaxe der geſtoſsenen Balken oder Pfähle. Eine ſeitliche Verſchiebung und ein Auseinanderziehen derſelben wird durch Anwendung von eiſernen Klammern (Fig. 266), Schienen und von Platten mittels Schraubenbolzen (Fig. 268 u. 269) verhindert. Bei der lothrechten Verlängerung oder beim Aufpfropfen von Pfoſten und Pfählen wird der gerade Stoſs in Verbindung mit eingelaſſenem ſchmiedeeiſernem Ringe und hölzernen oder eiſernen Dollen (Fig. 270), mit gußeiſernem Zwiſchenſtück (Fig. 271), mit mehreren ſchmiedeeiſernen Klammern (Fig. 272) oder mit mehreren ſchmiedeeiſernen Schienen, welche über den Stoſs genagelt und, zur Vermeidung von Verbiegungen durch Druck und Stoſs, mit nach der Längsaxe ovalen Nagellöchern verſehen werden (Fig. 273), angewendet. Dieſe Verbindungen eignen ſich beſonders zum Aufpfropfen von Rammpfählen für Pfahlroſt-Gründungen, weil ſie die Pfähle beim Einrammen am meiſten gegen das Spalten oder Splittern ſchützen.


Fig. 266. Fig. 267. Fig. 268. Fig. 269. Fig. 270. Fig. 271. Fig. 272. Fig. 273.

β) Der ſchräge Stoſs (II) dient zur wagrechten Verlängerung, erhält eine Neigung von 2 : 1, leiſtet übrigens nicht mehr, als der gerade Stoſs, und wird meiſt durch die bei dieſem angeführten eiſernen Befeſtigungsmittel gegen ſeitliche Verſchiebung und Auseinanderziehen nach der Längsaxe der Balken geſichert (Fig. 267).

127. Gerades und ſchräges Blatt.

γ) Das gerade Blatt (IV) dient zur Verlängerung wagrechter Verbandſtücke, welche ſich bei einer Stärke von derſelben Balkenhöhe wechſelſeitig um das Doppelte der Balkenhöhe übergreifen und durch hölzerne, etwas verſetzte Nägel befeſtigt werden. Hierbei hebt ſich das gerade Blatt mit ſchrägen Hirnſchnitten (Fig. 274) weniger leicht aus, als dasjenige mit geraden Schnitten. Beide bedürfen einer Unterſtützung unter der Verbandſtelle und werden nur zur Verbindung höherer Balken verwendet.

Fig. 274.

δ) Das ſchräge Blatt (V) wird, wie das gerade, nur bei etwas niedrigen Balken angewendet, erhält jedoch das Dreifache

66) Die eingeklammerten römiſchen Zahlen verweiſen auf die ihnen entſprechenden Nummern der Tabelle »Grundformen der Fuge« auf S. 92 u. 93.

der Balkenhöhe zum Uebergriff, während die normalen Einſchnitte nur 1/6 derſelben betragen. Auch hier erfolgt eine Befeſtigung durch verſetzte Holznägel.

128. Gerades und ſchräges Hakenblatt.

ε) Das gerade Hakenblatt (VI) mit geraden oder ſchrägen Hirnſchnitten bezweckt eine Verlängerung wagrechter Verbandſtücke, welche zugleich einem Auseinanderziehen widerſtehen ſollen und, wenn noch eine ſeitliche Verſchiebung derſelben verhindert werden ſoll, durch hölzerne Nägel befeſtigt werden. Auch das gerade Hakenblatt mit ſchrägen Hirnſchnitten, welches ſtatt der Holznägel einen Doppelkeil (Fig. 275) erhält, verhindert gleichzeitig Aushebung und ſeitliche Verſchiebung.

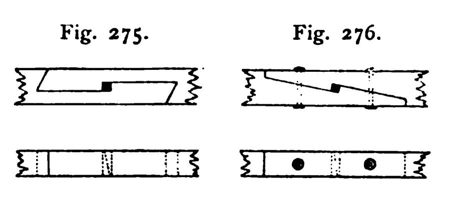


Fig. 275. Fig. 276.

ζ) Das ſchräge Hakenblatt (VII) wird zu demſelben Zwecke, wie das gerade, und zwar ohne oder mit Doppelkeil, angewendet. Beſonders im erſteren Falle befeſtigt man die Verbandſtücke mit je zwei Holznägeln oder beſſer mit je zwei Schraubenbolzen (Fig. 276).

Die beiden zuletzt genannten Verbindungen laſſen ſich vom Zimmermann leicht mittels Winkeleiſen, Säge und Beil herſtellen, während Längenverbindungen, wie das ſog. verdeckte Hakenblatt und der verborgene Hakenkamm mit ſchrägen Schnitten, die Anwendung des Stemmeiſens erfordern und gleichwohl nicht mehr oder weniger, als jene leiſten.

129. Nuth- und Kreuzzapfen.

η) Der Nuthzapfen (XVII) dient zur lothrechten, ſeltener zur wagrechten Verlängerung beſchlagener Pfoſten oder Balken, welche durch hölzerne Nägel, beſſer durch ſchmiedeeiſerne Schienen in Verbindung mit Schraubenbolzen an einander befeſtigt werden (Fig. 277).

Fig. 277. Fig. 278.

ϑ) Der Kreuzzapfen (XXI) wird ausſchlieſslich zur lothrechten Verlängerung von Pfählen, und zwar in Verbindung mit den unter den Befeſtigungsmitteln erwähnten zweitheiligen Ringen (Fig. 278) verwendet und eignet ſich beſſer zum Aufpfropfen von Pfählen mit ruhender Belaſtung, als von Rammpfählen, da er deren Spalten und Splittern befördert.

2) Verbreiterung der Verbandſtücke (Bretter und Bohlen).

130. Gerade und ſchräge Fuge.

α) Die gerade oder ſtumpfe Fuge (Ia), welche mit dem Handfughobel durch das »Fugen« oder »Säumen« hergeſtellt wird und dem geraden Stoſse entſpricht, geſtattet zwar ein dichtes Aneinanderlegen der Bohlen und Bretter auf geeigneter Unterlage, erfordert aber zu ihrer Befeſtigung innerhalb der Fuge, abgeſehen von der bei Brettern üblichen Verleimung oder ſchrägen Nagelung, die Anwendung hölzerner Dollen oder Dübel.

β) Die ſchräge oder ſpitze Fuge (IIa) entſpricht dem ſchrägen Stoſs, wird mittels des Hobels durch das »Meſſern« hergeſtellt, jedoch nicht ſpitzer als unter einem Winkel von 45 Grad, und geſtattet zwar eine lothrechte Nagelung, aber nicht die Verbindung mit Dollen oder Dübeln.

131. Falz.

γ) Der Falz (IVa) entſpricht dem geraden Blatt, bildet alſo eine gebrochene Fuge, deren Breite und Tiefe gewöhnlich der halben Bohlenſtärke gleich kommt. Das Falzen (die Ueberfalzung, die halbe Spundung) bezweckt ein Schlieſsen der Fuge durch Uebergreifen der Verbandſtücke und wird bei wagrechter und geneigter Lage, ſo wie bei lothrechter Stellung von Brettern angewendet.

δ) Die **Spundung** entſpricht der Verzapfung und bezweckt das Ineinandergreifen der Verbandſtücke mittels einer Vertiefung (**Nuth**) und einer Erhöhung (**Feder**), welche genau in einander greifen müſſen. Je nachdem dieſe Feder drei- oder rechteckig iſt, unterſcheidet man die Keilſpundung (Xa) und die Quadratſpundung (XVIIa), wovon die erſtere in verſchiedenen Formen vorkommt, die letztere zur Verbindung von Brettern und Bohlen (Spundwände) Anwendung findet (ſiehe Fig. 309 bis 312 u. Fig. 314).

132. Spundung.

ε) **Nuth und Feder** (XVb) dient zur Verbindung von Bohlen oder Brettern, welche an den Seiten ſämmtlich durchgehende Nuthen erhalten, in welche eine ebenfalls durchgehende, aus härterem Holze oder aus ſtarkem Zinkblech beſtehende Feder eingeſchaltet wird.

133. Nuth und Feder.

3) Verſtärkung der Verbandſtücke (Balken).

Die Verſtärkung von Balken geſtaltet ſich verſchieden, je nachdem ſie in wagrechter und geneigter Lage oder in lothrechter Stellung belaſtet werden ſollen.

134. Verſchiedenheit.

Werden zwei Balken wagrecht der Länge nach über einander gelegt und ſymmetriſch ſo belaſtet, daſs ſie ſich durchbiegen, ſo verſchieben ſich ihre Berührungsflächen in der Balkenmitte nicht und von da nach beiden Seiten um ſo mehr, je näher ſie den Balkenenden rücken, wo dieſe Verſchiebung ihr Maximum erreicht. Werden nun jene Balken an ihren Berührungsflächen ſo verbunden, daſs eine ſolche Verſchiebung nicht eintreten kann, ſo wird zugleich ihre Durchbiegung verhindert, alſo ihre Tragfähigkeit vermehrt. Dieſer Zweck wird theils durch die Form der Berührungsfläche (**Verzahnung**), theils durch Dübel erreicht, welche man zwiſchen die beiden Balken ſchiebt und in dieſelben etwas eingreifen läſſt (**Verdübelung**). Um einen dichten Anſchluſs der Balken an einander zu bewirken, werden ſie in allen dieſen Fällen durch Schraubenbolzen gegen einander gepreſſt, welche zugleich ihrer Verſchiebung entgegenwirken, überhaupt die Anfangs getrennten Balken ſo verbinden ſollen, daſs ſie als ein einziger Balken wirken.

α) Die **Verzahnung** (IXa). Die Zähne erhalten eine Länge von 0,8 bis 1,0 und eine Höhe von 0,1 der ganzen Balkenſtärke (ſiehe Fig. 316 u. 317) und werden zum Zwecke eines genauen Ineinandergreifens ſorgfältig abgehobelt. Wo in Folge ungenauer Arbeit zwiſchen den einzelnen Zähnen Lücken bleiben, pflegt man dieſelben durch ſeitliches Eintreiben ſchlanker Keile von hartem Holze auszufüllen, ein Mittel, welches man gleichzeitig zu dem Zwecke anwendet, um ein Ineinanderpreſſen der Zähne an ihren Hirnflächen zu verhindern. Da bei und nach dem Eintreiben der Keile Langholz auf Hirnholz drückt und die Keile ihrer Breite nach allmählich ſchwinden und dann wegen des Widerſtandes der Schraubenbolzen kaum mit dem gewünſchten Erfolge nachgetrieben werden können, ſo empfiehlt es ſich, ſtatt der hölzernen Keile hinreichend breite Plättchen aus Zink-, Kupfer- oder Eiſenblech zwiſchen die Hirnholzflächen der Zähne zu legen, dieſe letzteren aber mit möglichſter Genauigkeit zu bearbeiten. Da indeſs ein allſeitiges dichtes Ineinandergreifen der Zähne ſchwer zu erreichen iſt und die Verzahnung überdies eine Schwächung der Balken um 0,1 ihres Geſammtquerſchnittes erfordert, ſo erſetzt man die Verzahnung faſt ſtets durch

135. Verzahnung.

β) die **Verdübelung** (ſiehe Fig. 318 bis 320). Die Dübel, welche die Stelle der Zähne vertreten und ſammt ihren Sitzen ſich leichter, wie die letzteren, genau bearbeiten laſſen, ſind prismatiſche, beſſer ſchwach keilförmige Stücke aus hartem Holze, welche man in das Innere der Balken, alſo verdeckt, einlegt oder beſſer, um

136. Verdübelung.

ſie längs der vollen Breite der Balken wirken zu laſſen, über die Seitenflächen der Balken etwas hervorragen läſſt. Man verlegt ſie theils parallel, theils geneigt zu den Berührungsflächen der Balken, indeſs, um ein Ineinanderpreſſen an den lothrechten Berührungsflächen der Dübel und Balken möglichſt zu verhindern, ſo, daſs ihr Hirnholz auf dasjenige der Balken trifft. Die Dicke der Dübel wechſelt in der Praxis zwiſchen $^1/_{10}$ und $^1/_6$ der geſammten Balkenhöhe. Länge und Vertheilung der Dübel wechſeln mit der Zahl und Abmeſſung der verdübelten Balken, ſo wie mit der Beſchaffenheit der angewendeten Holzarten und ergeben ſich aus folgender Berechnung.

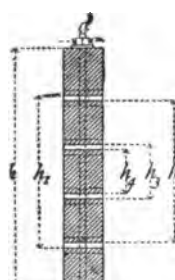
Die Dübel haben unter Einwirkung der horizontalen Schubkraft ſowohl einer Zerdrückung, als einer Abſcherung zu widerſtehen; auch darf ein Abſcheren des zwiſchen zwei Dübeln befindlichen Balkenſtückes nicht eintreten. Bezeichnet Q die in einem beliebigen Querſchnitte wirkende Transverſalkraft, $\mathcal{J}$ das Trägheitsmoment des ganzen Querſchnittes und $S_{z_1}^{a_1}$ das ſtatiſche Moment des zwiſchen der äuſserſten und der im Abſtande z_1 von der neutralen Axe gelegenen Faſerſchicht befindlichen Flächentheiles, ſo iſt die horizontale, auf die Längeneinheit wirkende Schubkraft [67])

$$H = \frac{Q}{\mathcal{J}} S_{z_1}^{a_1}, \qquad 1.$$

welche demnach ſowohl von der äuſserſten nach der neutralen Faſerſchicht hin, als auch von der Trägermitte nach den Trägerenden hin zunimmt, daher in der neutralen Faſerſchicht und in den beiden über den Stützen befindlichen Verticalebenen je ein relatives und da, wo jene Schicht und dieſe Verticalebene zuſammentreffen, ihr abſolutes Maximum erreicht.

Für Träger aus mehreren verdübelten Balken von der Breite b und Geſammthöhe h, welche durch Schraubenbolzen mit dem Durchmeſſer d zuſammengehalten ſind, ergiebt ſich mit Bezug auf die Bezeichnungen in Fig. 279 das Trägheitsmoment [68])

Fig. 279.



$$\mathcal{J} = \frac{b-d}{12}\left[h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \dots\right], \qquad 2.$$

und das auf die neutrale Faſerſchicht bezogene ſtatiſche Moment

$$S_0^{\frac{h}{2}} = \frac{b-d}{8}\left[h^2 - h_1^2 + h_2^2 - h_3^2 + h_4^2 - \dots\right]; \qquad 3.$$

mithin, wenn die beiden Werthe eingeführt werden, die in der neutralen Faſerſchicht wirkende Schubkraft

$$H = \frac{3}{2}\, Q \left[\frac{h^2 - h_1^2 + h_2^2 - h_3^2 + h_4^2 - \dots}{h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \dots}\right], \qquad 4.$$

oder, wenn von einer Verſchwächung durch die zwiſchen den einzelnen Balken befindlichen Zwiſchenräume abgeſehen werden kann, annäherungsweiſe

$$H = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{h} \qquad 5.$$

Dieſe Gleichung gilt für Träger mit zwei verdübelten Balken, bei welchen die Dübel längs der neutralen Faſerſchicht angeordnet ſind. Bei Trägern mit drei verdübelten Balken wird für jede der beiden um $\frac{h}{6}$ von der neutralen Faſerſchicht abſtehenden Dübelſchichten die Schubkraft

$$H = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{h} \qquad 6.$$

Fig. 280.

Wird allgemein die horizontale Schubkraft

$$H = \alpha \frac{Q}{h} \qquad 7.$$

geſetzt, ſo iſt für den Fall des Gleichgewichtes, wenn m Schrauben mit der Reibung R auf den Abſtand a je zweier Dübel kommen, b die Breite der Balken und $\frac{\delta}{n}$ den Eingriff eines Dübels in einen Balken bezeichnet, wenn kein Zerdrücken des Balkens, bezw. Dübels ſtattfinden ſoll, unter Hinweis auf Fig. 280

[67]) Nach Gleichung 74., S. 286 in Theil I, Bd. 1, dieſes »Handbuches«.

[68]) Nach Gleichung 43., S. 266 ebendaſ.

$$Ha - Rm = p\,\frac{b\,\delta}{n}\,, \quad \ldots \quad 8.$$

worin p die kleinste zuläffige Preffung pro Flächeneinheit bedeutet. Wird hierin der allgemeine Werth von H aus Gleichung 7. eingeführt und angenommen, dafs der Querfchnitt $\frac{\pi\,d^2}{4}$ jedes Schraubenbolzens die volle Zugfeftigkeit s der Flächeneinheit auszuhalten hat, fo ift, wenn μ den Reibungs-Coefficienten von Holz auf Holz bezeichnet, die gröfste zuläffige Entfernung der Dübel

$$a = \frac{h}{\alpha\,Q}\left(p\,\frac{b\,\delta}{n} + \mu\,m\,s\,\frac{\pi\,d^2}{4}\right), \quad \ldots \quad 9.$$

worin $\mu = 0{,}5$, $m = \frac{1}{2}$ und $d = \frac{b}{10}$ angenommen werden kann.

Soll ein Abfcheren des Dübels nicht ftattfinden, fo ift, wenn die durch den Bolzen erzeugte Reibung durch hölzerne Einlagen aufgehoben wird, wenn ferner v die Schubfeftigkeit des Dübelholzes und β die Breite des Dübels bedeutet, für den Fall des Gleichgewichtes

$$Ha - Rm = v\,b\,\beta \quad \ldots \quad 10.$$

Soll gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Dübel beftehen, fo erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8. und 10. allgemein die Breite des Dübels

$$\beta = \frac{p}{v}\cdot\frac{\delta}{n}, \quad \ldots \quad 11.$$

und, wenn $\frac{p}{v} = \frac{480}{80}$ gefetzt wird, für diefen befonderen Fall

$$\beta = 6\,\frac{\delta}{n}\,,$$

alfo gleich dem 6-fachen ihres Eingriffes in einen Balken.

Damit ein Abfcheren des zwifchen zwei Dübeln befindlichen Balkenftückes nicht ftattfinde, ift, wenn mit v deffen Schubfeftigkeit und mit β die Länge jedes Dübels bezeichnet wird,

$$Ha - Rm = v\,b\,(a - \beta)\,; \quad \ldots \quad 12.$$

daher darf nach Einführung der Werthe H und R, wenn ein Abfcheren der Dübel nicht eintreten foll, die Entfernung derfelben höchftens

$$a = \frac{h}{\alpha\,Q - v\,b\,h}\left(\frac{m\,\pi\,\mu\,s}{4}\,d^2 - v\,b\,\beta\right) \quad \ldots \quad 13.$$

betragen.

Soll endlich gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Balken ftattfinden, fo erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8. und 12. allgemein die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + \frac{p}{v}\cdot\frac{\delta}{n}\,; \quad \ldots \quad 14.$$

mithin, wenn wieder $\frac{p}{v} = \frac{480}{60}$ gefetzt wird, für diefen befonderen Fall die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + 8\,\frac{\delta}{n}, \quad \ldots \quad 15.$$

alfo gleich ihrer Breite, vermehrt um das 8-fache ihres Eingriffes in einen Balken.

137. Verfchränkung.

γ) Die Verfchränkung (VIa) dient befonders zur Verftärkung lothrechter Verbandftücke, wie Eckpfoften und Hängefäulen, und erfordert ein genaues Ineinandergreifen der Balken, wobei die rechteckigen Eingriffe die ein- bis zweifache Länge und eine Dicke von je 1/10 der ganzen Balkenftärke erhalten, während die zum feften Aneinanderfchliefsen der Verbandftücke nothwendigen Schraubenbolzen je nach der Beanfpruchung der Balken durch die Mitte jedes oder jedes dritten Eingriffes gezogen werden.

4) Winkelverband von Balken, Brettern und Bohlen in einer Ebene.

138. Gehrung.

α) Der Stofs auf Gehrung (III) dient zur Verbindung von je zwei Brettern meift unter einem rechten Winkel, indem man deren Enden unter einem Winkel von 45 Grad abfchneidet und ftumpf zufammenftöfst. Als Befeftigungsmittel dienen

Leim oder Nägel, Dübel und Klammern. Zur Winkelverbindung von Brettern nach ihrer Länge dient die fchräge Fuge.

139. Verfatzung.

β) Die Verfatzung dient zum Zufammenfetzen von Verbandftücken theils unter einem rechten, theils unter einem fpitzen Winkel α. Im erfteren Falle unterfcheidet man die gerade (VIII), fchräge (IX) und gebrochene (X) Verfatzung ohne oder mit Zapfen, welche zu ihrer Befeftigung eiferner Klammern oder Bänder bedürfen, im letzteren Falle die einfache (XI) und doppelte (XII) Verfatzung, je nachdem fie bei minder oder mehr fpitzen Winkeln angewendet wird, welche meift durch einen Zapfen und fchrägen Schraubenbolzen ihre eigentliche Befeftigung erhält (Fig. 281 bis 284). Die Bolzenköpfe erhalten hierbei entweder eine dem Winkel α entfprechende Neigung gegen die Bolzenaxe, oder fie werden fo eingelaffen, dafs fie parallel zu den Muttern ftehen.

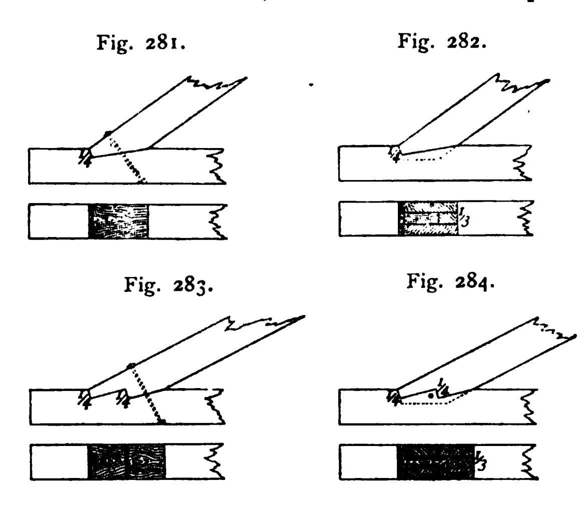


Fig. 281. Fig. 282. Fig. 283. Fig. 284.

140. Verzapfung.

γ) Der Zapfen oder die Verzapfung (XV bis XX) wird zu Winkelverbindungen fowohl in wagrechten, als auch in geneigten Ebenen angewendet und ift gerade oder fchräge, wenn der von den Verbandftücken gebildete Winkel ein rechter oder fpitzer ift.

Der gerade Zapfen, fo wie das zugehörige Zapfenloch erhalten eine Länge von der Hälfte der Breite und eine Dicke von $^1/_3$ der Höhe des Balkens, in welchen er eingreifen foll. Bei Befeftigung diefer Verbindung durch Holznägel giebt man dem Zapfen eine etwas gröfsere Länge (Fig. 285). Bei T-förmigen Balkenverbindungen erhält der gerade Zapfen die volle Breite des eingreifenden Balkens, während er bei L-förmigen Verbindungen, wie fie bei Eckpfoften vorkommen, »geächfelt« wird, d. h. nur $^2/_3$ feiner vollen Breite erhält (Fig. 286).

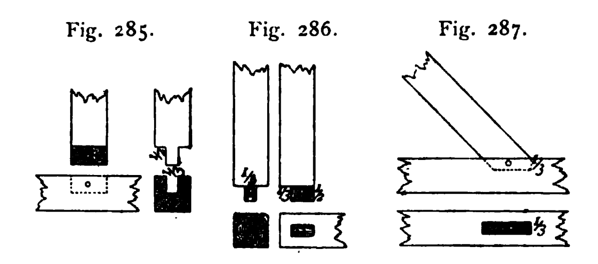


Fig. 285. Fig. 286. Fig. 287.

Beim fchrägen Zapfen fammt dem zugehörigen Zapfenloch nimmt man den fpitzen Winkel fo, dafs beide eine paralleltrapezförmige Geftalt erhalten (Fig. 287), giebt ihnen übrigens ähnliche Abmeffungen, wie dem geraden Zapfen, je nachdem genagelt wird oder nicht. Hierher gehört auch der zur nachträglichen Einfügung von Winkelverbänden dienende Jagdzapfen (Fig. 334). Stark belafteten Balken, an welchen der gewöhnliche gerade Zapfen leicht abbrechen würde, giebt man einen Bruftzapfen (Fig. 288 u. 289). Wenn die Verbandftücke fehr ftark find, fo erhalten fie Doppelzapfen mit einer Dicke von je $^1/_5$ der Pfoften- oder Balkenftärke (Fig. 290).

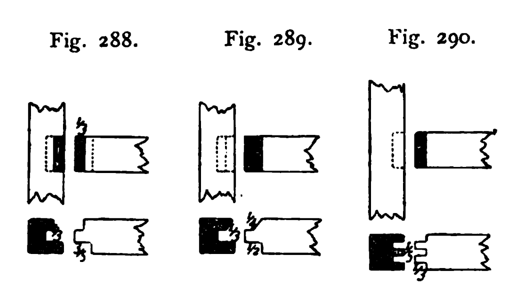
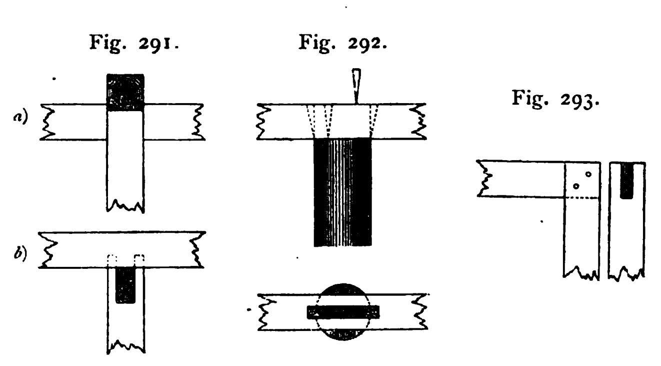


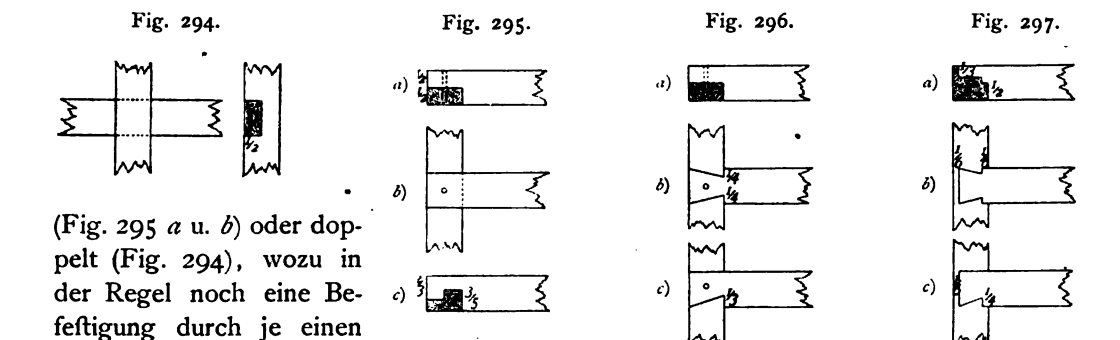
Fig. 288. Fig. 289. Fig. 290.

Die einfachen und doppelten Blattzapfen oder Blockzapfen (Fig. 291 *a* u. *b*) erhalten folche Pfoften, die breiter find, als die Balken, welche fie aufnehmen follen. Mufs aufser feitlicher Verfchiebung ein Auseinanderziehen der Verbandftücke verhindert werden, fo verwendet man, je nachdem der Zapfen durch das zweite Verbandftück hindurchgehen darf oder nicht, die Schwalbenfchwanzzapfen oder Weifsfchwanzzapfen mit Keil (XX). Diefelbe Aufgabe hat auch der bei Fundirungen angewandte Keil- oder Grundzapfen (Fig. 292), der ein Abheben der Roftfchwellen von den Grundpfählen verhindern foll und in einem gewöhnlichen geraden Zapfen befteht, welcher nach Einführung in das nach oben fchwalbenfchwanzförmig erweiterte Zapfenloch durch Eintreiben eines einfachen oder doppelten Keiles nach oben fchwalbenfchwanzförmig fo verbreitert wird, dafs er das Zapfenloch vollkommen ausfüllt. Der zu Eckverbindungen dienende Schlitz- oder Scherzapfen (Fig. 293) erhält $^1/_3$ der Stärke beider Verbandftücke zur Dicke und wird gewöhnlich durch je zwei nach der Diagonale angeordnete hölzerne Nägel befeftigt.

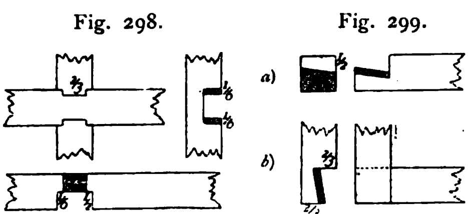

Fig. 291. Fig. 292. Fig. 293.

141. Verblattung.

δ) Das Blatt oder die Verblattung (IV bis VII) dient zur Verbindung winkel-, T- oder kreuzförmig zufammentreffender Balken und ift hiernach entweder einfach (Fig. 295 *a* u. *b*) oder doppelt (Fig. 294), wozu in der Regel noch eine Befeftigung durch je einen hölzernen Nagel kommt. Soll zugleich ein Auseinanderziehen der Balken verhindert werden, fo verwendet man das Hakenblatt (Fig. 295 *b* u. *c*), das Weifsfchwanzblatt (Fig. 296 *a* u. *c*) oder das Schwalbenfchwanzblatt (Fig. 296 *a* u. *b*), welche beiden letzteren entweder durchreichen oder nicht, d. h. mit »Brüftung« (Fig. 297 *a*, *b*, *c*) verfehen werden. Um diefelben am Eingriff nicht zu fehr zu verfchwächen, erhalten fie nicht felten eine »Verfatzung« (Fig. 297 u. 298).


Fig. 294. Fig. 295. Fig. 296. Fig. 297.

Um Eckverblattungen weniger leicht verfchieblich zu machen, verwendet man nicht felten das Blatt mit fchrägem Schnitt (Fig. 299 *a* u. *b*). Bei Ausfteifung von Balken durch Winkelbänder wendet man fchwalbenfchwanzförmige Blätter von


Fig. 298. Fig. 299.

der halben Balkendicke in Verbindung mit fchrägem Stofs an, wobei man die erfteren noch durch hölzerne Nägel befeftigt (Fig. 335).

142. Verzinkung.

ε) Die Verzinkung (XXIVa u. XXIVb) dient zur meift rechtwinkeligen Eckverbindung von Bohlen, bezw. Brettern und wird hergeftellt, indem die Bretter an ihren Hirnenden mit Zähnen fo verfehen werden, dafs fie zum Eingriff gebracht werden können und dann, meift mit Hilfe von Leim, eine fefte Verbindung gebildet wird. Die Zähne find theils parallelepipedifch, in welchem Falle fie eine Verfchiebung nach zwei zu einander fenkrechten Richtungen geftatten, oder beffer fchwalbenfchwanzförmig, weil dann eine Verfchiebung nur nach einer Seite hin möglich ift. Reichen die Zähne beider Verbandftücke durch, fo ift es eine offene (einfache), reichen fie nicht ganz durch, fo dafs das Hirnholz der Zähne aufsen nicht fichtbar wird, eine verdeckte Verzinkung.

143. Aufklauung.

ζ) Die Klaue (Geifsfufs) oder die Aufklauung (XIII u. XIV) dient zur Verbindung je zweier in einer geneigten Ebene befindlichen, meift unter rechten Winkeln zufammentreffenden Verbandftücke, von welchen das geneigte einen der Form des anderen entfprechenden Einfchnitt erhält. Ift nun diefer Einfchnitt rechtwinkelig, fo entfteht die einfache Klaue, ift derfelbe hakenförmig und mit einem Zapfen verbunden, fo entfteht die fog. Klaue mit Zapfen im Neft, welche bereits im Mittelalter bekannt war und in Süddeutfchland und Oefterreich noch allgemein Verwendung, befonders beim Aufklauen der Sparren auf die Fufspfetten findet.

144. Schiften.

η) Das Schiften oder Anfchmiegen dient zur Verbindung je zweier in einer meift geneigten Ebene befindlichen, unter mehr oder minder fpitzen Winkeln zufammentreffenden Verbandftücke und befteht in der genauen Ermittelung und Herftellung der Anfchlufsfläche des Seitenbalkens an den Hauptbalken, z. B. eines »Schiftfparrens« an den Gratfparren des Walmdaches. Die Befeftigung der Verbandftücke wird durch eiferne Nägel bewirkt.

5) Winkelverband in zwei oder mehr parallelen Ebenen.

145. Verkämmung.

α) Der Kamm oder die Verkämmung (XXII bis XXVI) dient zur Verbindung kreuzförmig über einander liegender Balken, von welchen der obere eine etwa 2cm ftarke Erhöhung (den Kamm), der untere eine derfelben genau entfprechende Vertiefung (die Kammfaffe) erhält. Je nachdem die Grundform beider rechteckig, weifsfchwanzförmig, fchwalbenfchwanzförmig oder kreuzförmig ift, unterfcheidet man den einfachen oder doppelten Kamm (Fig. 300 *a* u. *b*, 301 *a* u. *b*), wenn bei geringeren oder gröfseren Breiten je ein oder je zwei Kammfaffen vorhanden find, den Weifsfchwanzkamm und Schwalbenfchwanzkamm (Fig. 303) und den Kreuzkamm (Fig. 302 *a* u. *b*), welcher je zwei

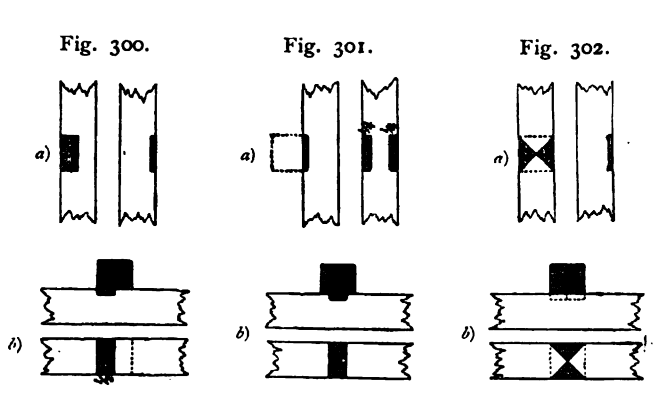
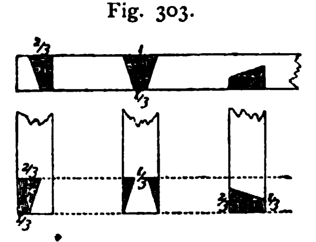


Fig. 300. Fig. 301. Fig. 302.


Fig. 303.

dreieckige Erhöhungen und Vertiefungen erfordert. Wo Balkenlagen in drei über einander befindlichen Ebenen vorkommen, wie dies bei den Balkenlagen von Holz- und Fachwerkbauten vorkommt, wiederholen sich die zuvor genannten Verbindungen, wobei an den Ecken vorzugsweise der weissschwanzförmige, zwischen denselben der schwalbenschwanzförmige Kamm Anwendung findet. Da verkämmte Verbandstücke in der Regel durch Belastung genügend auf einander gepresst werden, so ist eine weitere Befestigung derselben durch Dollen wenig im Gebrauch.

146. Nuthen auf den Grat.

β) Das Nuthen auf den Grat (XVIIIa) dient zur Verbindung meist rechtwinkelig sich kreuzender Bretter, wobei gewöhnlich eine Bretterlage durch einzelne stärkere Bretter (Leisten) zu einer Tafel vereinigt wird. Damit ein Abheben der Bretterlage nicht stattfinden kann, erhalten dieselben eine schwalbenschwanzförmig erweiterte Nuth, in welche eine entsprechend geformte Feder oder Leiste eingreift, die rechtwinkelig zu den Langseiten der Bretter eingeschoben wird.

---

2. Kapitel.

Freistützen und Pfähle.

Die im Hochbauwesen erforderlichen Freistützen kommen meist im beschlagenen Zustande, als Pfosten, zur Verwendung und haben hauptsächlich ruhende Lasten zu tragen, während die zum Grundbau dienenden durchgehenden oder zusammengesetzten Pfähle meist unbeschlagen bleiben, zwar in gleicher Weise belastet werden, aber aufserdem den Stöfsen beim Einrammen zu widerstehen haben. Während die Pfosten meist ganz frei stehen und je nach dem Verhältnifs ihrer kleinsten Querschnittsdimension zu ihrer Länge $\frac{h}{l}$ einem Druck oder einer seitlichen Ausbiegung ausgesetzt sind, stecken die Rostpfähle theilweise und die Grundpfähle ganz im Baugrund.

a) Freistützen.

147. Form und Stärke.

Bezeichnet man mit E den Elasticitäts-Modul, mit K die zuläffige Beanspruchung auf einfachen Druck, mit C einen von der Endbefestigung der Stütze abhängigen Coefficienten, so ist, wenn c einen von der Querschnittsform abhängigen Zahlen-Coefficienten und $\frac{1}{s}$ den Sicherheits-Coefficienten bezeichnet, welcher durchschnittlich zu $\frac{1}{10}$ angenommen werden kann, die Freistütze auf Druck oder seitliche Ausbiegung zu berechnen, je nachdem [69])

$$\frac{h}{l} \gtrless \sqrt{\frac{K}{E}} \sqrt{\frac{s}{Cc}} \qquad 16.$$

Bezeichnet P die Belastung der Stütze, so erhält man im ersteren Falle den Querschnitt dieser Stütze [70])

$$F = \frac{P}{K}, \qquad 17.$$

im letzteren Falle das Trägheitsmoment ihres Querschnittes [71])

$$\mathfrak{J} = \frac{s\,l^2}{C\,E} P \qquad 18.$$

---

69) Nach Gleichung 131. (S. 303) ebendas.

70) Nach Gleichung 2. (S. 246), bezw. 135 (S. 305) ebendas.

71) Nach Gleichung 133. u. 134. (S. 304) ebendas.

Da die Querfchnitte befchlagener Stützen Rechtecke find, deren gröfste Seite mit b und deren kleinfte Seite mit h bezeichnet werden mag, fo läfft fich im erfteren Falle aus der Relation

$$b\,h = \frac{P}{K}, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 19.$$

im letzteren Falle, worin $c = \frac{1}{12}$ beträgt, aus

$$b\,h^3 = 12\,\frac{s\,l^2}{C\,E}\,P \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 20.$$

eine diefer Dimenfionen ermitteln, wenn die andere angenommen ift. Da $h < b$ ift, alfo höchftens $h = b$ werden kann, fo zeigt die letzte Gleichung, dafs P feinen relativ gröfsten Werth erreicht, wenn die Stütze einen quadratifchen, d. h. einen Querfchnitt erhält, für welchen die Gefahr einer feitlichen Ausbiegung nach zwei zu einander normalen Richtungen gleich gering ift und deffen Seite

$$b = \sqrt[4]{\frac{12\,s\,l^2}{C\,E}\,P} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 20a.$$

beträgt.

Der zuläffige Druck auf die Flächeneinheit des Querfchnittes einer auf feitliche Ausbiegung beanfpruchten, rechteckig befchlagenen Stütze ift [71])

$$k = \frac{1}{12}\cdot\frac{C\,E}{s}\left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 21.$$

und nimmt, wenn aus Gleichung 16. der Grenzwerth

$$l = h\,\sqrt{\frac{E}{K}}\,\sqrt{\frac{C}{12\,s}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 22.$$

eingeführt wird, feinen gröfsten Werth

$$k = K, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 23.$$

ferner für alle unter übrigens gleichen Umftänden zunehmenden Längen der Stützen abnehmende Werthe an, welche (für Kilogramm und Quadr.-Centimeter) aus der Gleichung

$$K = 1000\,C\left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 24.$$

berechnet werden können. Hieraus ergeben fich für folgende vier Befeftigungsarten der Stütze die nachftehenden zuläffigen Werthe von k [72]):

	Fall 1: Ein Ende eingefpannt, das andere frei drehbar	Fall 2: Beide Enden frei drehbar	Fall 3: Beide Enden eingefpannt	Fall 4: Ein Ende eingefpannt, das andere drehbar, aber vertical geführt
$C =$	$\frac{\pi^2}{4}$	π^2	$4\,\pi^2$	$2\,\pi^2$
$k =$	$2467\left(\frac{h}{l}\right)^2$	$9868\left(\frac{h}{l}\right)^2$	$39472\left(\frac{h}{l}\right)^2$	$19736\left(\frac{h}{l}\right)^2$

Dies liefert für vorftehende vier Fälle und folgende Werthe von $\frac{h}{l}$ befchlagener Stützen die nachftehenden Werthe von k:

---

72) Siehe auch die Tabelle in Art. 341 (S. 305) ebendaf.

$\frac{h}{l}$	0,117	0,110	0,101	0,090	0,080	0,070	0,060	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010
k_1	75	55	38	25	20	16	12	9	6	4	2	1
k_2	300	220	152	100	80	64	48	36	24	16	8	4
k_3	1200	880	608	400	320	256	192	144	96	64	32	16
k_4	600	440	304	200	160	128	96	72	48	32	16	8

Kilogramm pro 1 qcm.

Beifpiel. Hat ein Ständer von 4 m Höhe mit quadratifchem Querfchnitt, deffen unteres Ende feft eingefpannt, deffen oberes Ende drehbar ift, eine Laft von 1000 kg zu tragen, fo läfft fich deffen Stärke, welche Sicherheit gegen feitliche Ausbiegung gewährt, auf folgende Art berechnen. Wird der Elafticitäts-Modul des Holzes $E = 120\,000$ kg, der Sicherheits-Coefficient für Holz $s = \frac{1}{10}$ angenommen, fo wird nach Gleichung 20 a. die Seite des quadratifchen Querfchnittes

$$b = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 4 \cdot 400^2 \cdot 10}{3{,}14^2 \cdot 120\,000} 1000} = 21{,}24 \text{ cm}.$$

148. Anwendung.

Frei ftehende, fchwer belaftete Freiftützen von mäfsiger Höhe werden aus einem einzigen Stamme hergeftellt. Wo bei bedeutenden Ständerhöhen eine Zufammenfetzung ihrer Theile ftattfinden mufs, wendet man den Nuthzapfen (fiehe Art. 129, S. 98) an, welchen man durch je zwei Holznägel, beffer Schraubenbolzen oder, je nach der Stärke des Ständers, durch zwei oder vier Schienen in Verbindung mit Bolzen (fiehe Fig. 277, S. 98) verftärkt.

b) Pfähle.

149. Pfähle.

Die zur Gründung von Hochbauten erforderlichen Pfähle werden in unbefchlagenem Zuftande und entweder als völlig im Baugrund fteckende Grundpfähle oder als theilweife in den Baugrund eingerammte, theilweife über denfelben hervorragende Roft- oder Langpfähle angewendet. Beide haben einen Widerftand zu entwickeln, welcher ihrer gröfsten Belaftung mindeftens gleich ift. Diefer Widerftand fetzt fich aus dem lothrechten Gegendruck des Baugrundes auf den Pfahlquerfchnitt und aus dem wagrechten Seitendruck deffelben auf die Pfahlwandung, bezw. dem hierdurch erzeugten Reibungswiderftand zufammen. Bezeichnet man jenen lothrechten und wagrechten Druck auf die Flächeneinheit bezw. mit w_1 und w_2, mit μ den Reibungs-Coefficienten zwifchen Pfahlholz und Baugrund, fo ergiebt fich für einen der gröfsten Belaftung Q durch ein Hochbauwerk ausgefetzten Pfahlroft mit n Pfählen von der Länge l und dem Durchmeffer d die Gleichung

$$w_1 n \pi \frac{d^2}{4} + w_2 n \pi d l \mu = Q \, , \quad \ldots \ldots \ldots \quad 25.$$

woraus fich bei einer gegebenen Anzahl n von Grundpfählen deren Durchmeffer

$$d = -\frac{2 \mu l w_2}{w_1} + 2 \sqrt{\left(\frac{l \mu w_2}{w_1}\right)^2 + \frac{Q}{n \pi w_1}} \quad \ldots \ldots \quad 26.$$

oder, wie gewöhnlich, bei Verwendung von Pfählen mit bekanntem Durchmeffer, deren Zahl finden läfft. Die Stärke von Roftpfählen, welche unten feft im Boden ftecken, während fie mehr oder minder bedeutend über denfelben hervorragen, find nach Art der Freiftützen zu berechnen, deren unteres Ende eingefpannt und deren oberes Ende drehbar ift und wobei in Gleichung 18. $\mathcal{J} = \frac{\pi}{64} d^4$ zu fetzen ift. Hieraus

ergiebt fich mit Bezug auf den hervorragenden Theil des mit der Belaftung $\frac{Q}{n} = P$ befchwerten Roftpfahles der erforderliche Durchmeffer

$$d = \sqrt[4]{\frac{64\, s\, l^2}{\pi\, C\, E}\; P} \quad , \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 27.$$

worin der Sicherheits-Coefficient $\frac{1}{s} = \frac{1}{10}$, der Elafticitäts-Modul des Pfahlholzes $E = 120000^{\text{kg}}$ und $C = \frac{\pi^2}{4}$ gefetzt werden kann.

150.
Form.

Roftpfähle werden aus Baumftämmen hergeftellt, welche man von der Rinde, aber nicht vom Splinte befreit. Kantige Roftpfähle wendet man nur da an, wo fie über den Baugrund hervorragen und fichtbar bleiben follen oder wo aus einem fehr ftarken Stamm mehrere Pfähle gefchnitten werden. Bei nachgiebigem Baugrund, z. B. Lehm-, Thon- oder Sandboden und nicht zu grofsen Gründungstiefen genügt es, die Pfähle unten mit einer drei- oder vierfeitigen, etwas abgeftumpften Spitze (Fig. 304 u. 305), welcher man die zwei- bis dreifache Pfahldicke zur Länge und, zur Vermeidung von Schiefftellen des Pfahles, eine genau centrifche Lage giebt, zu verfehen.

151.
Pfahlfchuhe.

Bei unnachgiebigem Baugrund, z. B. bei Kies- oder fteinigem Boden, und bei gröfseren Gründungstiefen werden die Pfahlfpitzen mit fchmiedeeifernen oder gufseifernen Pfahlfchuhen (Fig. 306 u. 307) verfehen.

Fig. 304. Fig. 305. Fig. 306. Fig. 307. Fig. 308.

Die fchmiedeeifernen Pfahlfchuhe, welche wegen ihrer gröfseren Elafticität beim Einrammen nicht fo leicht brechen und defshalb den gufseifernen Pfahlfchuhen vorgezogen werden, beftehen aus einer maffiven, pyramidenförmigen Spitze, an welche drei oder vier mit einigen zur Befeftigung dienenden Nagellöchern verfehene Lappen angefchmiedet find. Damit fich diefe Pfahlfchuhe beim Einrammen nicht auf die Seite fchieben, mufs die Grundfläche der pyramidenförmigen Spitze, fo wie die untere Fläche der abgeftumpften Pfahlfpitze genau normal zur Pfahlaxe gearbeitet fein und letztere dicht an das Eifen fich anfchliefsen. Da die Berührungsfläche beider nicht zu klein fein darf, fo erhalten fchmiedeeiferne Pfahlfchuhe ein Gewicht von etwa 5 bis 6 kg.

Die gufseifernen Pfahlfchuhe erfordern ein, unter übrigens gleichen Umftänden, etwa doppelt fo grofses Gewicht als die fchmiedeeifernen und beftehen aus einem Kegel mit vertiefter Grundfläche, in welche ein fchmiedeeiferner, mit Widerhaken verfehener Dorn eingegoffen ift. Das untere Ende des Pfahles erhält die Form eines abgeftumpften Kegels, welcher in die Vertiefung des Schuhes paffen und fich genau an diefelbe anfchliefsen mufs.

152.
Verbindung der Pfahlköpfe.

Oben erhalten die Pfähle, wenn fie Schwellen aufzunehmen haben, entweder einfache Zapfen (Fig. 308) oder, wenn ein Abheben der Schwellen durch hydroftatifchen Druck zu befürchten fteht, fog. Grundzapfen (fiehe Fig. 292, S. 103),

d. h. Zapfen, welche in die nach oben fchwalbenfchwanzförmig erweiterten Zapfenlöcher der Schwellen eingelaffen und dann durch Keile oben etwas aus einander getrieben werden.

153.
Verlängerung der Pfähle.

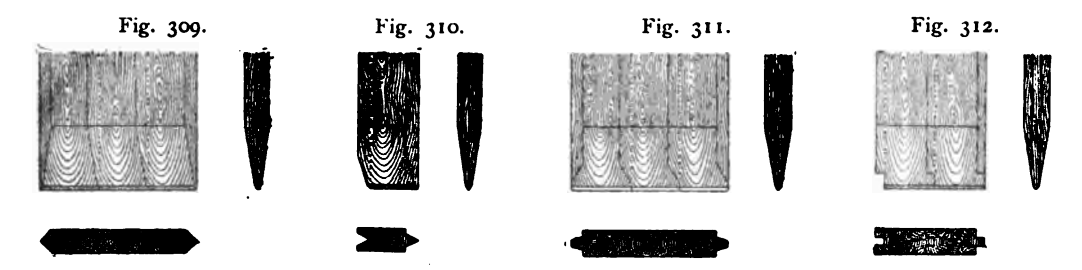
Wo die Länge der Roftpfähle nicht ausreicht, um den feften Baugrund zu erreichen, werden diefelben durch aufgefetzte Pfähle verlängert (fiehe Fig. 270 bis 273). Diefes Aufpfropfen von Pfählen, welche den Stöfsen der Ramme zu widerftehen haben, mufs man fo einfach wie möglich machen, um ein Spalten und Splittern der Pfähle an ihrer Verbindungsftelle zu vermeiden. Aus diefem Grunde ift erfahrungsgemäfs der in Fig. 278 (S. 98) dargeftellte Kreuzzapfen mit zwei eifernen Schliefsen nicht fo gut, als der ftumpfe Stofs in Verbindung mit fchmiedeeifernen Klammern (fiehe Fig. 272, S. 97), mit übergenagelten fchmiedeeifernen Schienen (fiehe Fig. 273, S. 97), mit fchmiedeeifernen Ringen und hölzernen Dübeln (fiehe Fig. 270, S. 97) oder auch mit gufseifernen Zwifchenftücken (fiehe Fig. 271, S. 97).

c) Spundbohlen.

154.
Form und Verbindung.

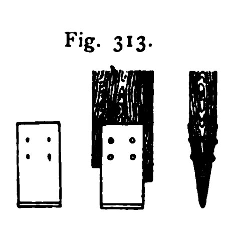
Die zur Umfchliefsung unter Waffer liegender Baugruben oder auch zum Schutze unter Waffer befindlicher Fundamente gegen Unterfpülung dienenden Spundwände werden theils aus kantigen, dicht an einander gerammten Pfählen, theils aus ftarken gefpundeten Bohlen, den fog. Spundbohlen hergeftellt, welche man zwifchen kantige, an und zwifchen den Ecken eingerammte Leitpfähle eintreibt. Man verwendet zu denfelben meift grünes Holz, da diefes weniger leicht aufquillt und fich wirft, als trockenes. Um einen möglichft dichten Anfchlufs der Spundbohlen zu erzielen, werden die Fugen derfelben mit Spundungen (fiehe Art. 132, S. 99) verfehen, unter welchen die Keilfpundung mit ein-, drei- und viermal gebrochener Fuge (Fig. 309 bis 311) und die quadratifche Spundung (Fig. 312) die zweckmäfsigften find. Zum Zweck des Einrammens erhalten diefelben unten eine gebrochene Schneide und eine einfeitige Zufchärfung (Fig. 309 bis 312), welche beim Eintreiben keilartig wirkt und die einzutreibende Spundbohle feitlich an die zuvor eingetriebene prefft.

Fig. 309. Fig. 310. Fig. 311. Fig. 312.



Obwohl man das Einrammen der Spundbohlen gewöhnlich an den beiden feitlichen Spundpfählen beginnt und von da nach der Mitte diefes Zwifchenraumes hin fortfchreitet, fo ftellen fich die Spundbohlen beim Einrammen doch allmählich etwas fchief, wefshalb die in der Mitte verbleibende, von oben nach unten fich verengende Oeffnung durch eine eigens einzupaffende, etwas keilförmig geftaltete, beiderfeits mit Federn verfehene Spundbohle derart gefchloffen werden mufs, dafs die benachbarten Spundbohlen fich mehr lothrecht ftellen müffen und hierbei möglichft dicht an einander geprefft werden.

Fig. 313.



155.
Sicherung der Schneiden.

Bei unnachgiebigem Boden erhalten auch die Spundbohlen eiferne, unten aus einem dreifeitigen Prisma, oben aus zwei angefchmiedeten rechteckigen Lappen beftehende Schuhe (Fig. 313). Diefe Lappen erhalten die Breite der Spundbohle abzüglich


Fig. 314.

der beiderfeitigen Nuthen und Federn und eine genügende Zahl ovaler Nagellöcher, an deren unterer Seite die zur Befeftigung der Schuhe an den Bohlen erforderlichen Nägel eingefchlagen werden, damit fie beim Zufammenpreffen der Bohlen durch das Rammen fich nicht verbiegen oder abbrechen. Oben werden die Spundbohlen beim Einrammen durch zwei feitlich angelegte Zangen in einer lothrechten Ebene erhalten, während fie nach dem Einrammen in eine ihrer vollen Stärke entfprechende Nuth der Holme eingelaffen werden (Fig. 314).

---

3. Kapitel.

Balkenverftärkungen.

156. Berechnung der Verftärkung.

Die zu Hochbauzwecken in vorzugsweife wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Balken find ftets befchlagen und haben rechteckige Querfchnitte, deren Breite und Höhe in einem gewiffen Verhältnifs ftehen mufs und fich, wie folgt, ermitteln läfft.

Bezeichnet l die frei tragende Länge (Stützweite), b und h bezw. die Breite und Höhe eines befchlagenen Balkens (Fig. 315), D den kleinften Durchmeffer des fchwächften Baumftammes, woraus fich derfelbe herftellen läfft, fo ift deffen Biegungsmoment

$$\frac{1}{6}\, b\, h^2 = \frac{1}{6}\, b\, (D^2 - b^2) = \frac{1}{6}\, (b\, D^2 - b^3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 28.$$

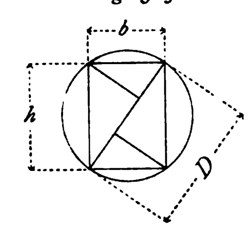


Fig. 315.

Daffelbe wird ein Maximum, wenn der erfte Differential-Quotient desfelben nach b

$$\frac{d\,(b\,h^2)}{d\,b} = D^2 - 3\,b^2 = 0$$

gefetzt wird, woraus fich $b = \frac{D}{\sqrt{3}}$ und $h = D\sqrt{\frac{2}{3}}$ ergiebt. Theilt man nunmehr den Durchmeffer D (Fig. 315) in drei gleiche Theile, errichtet in den Theilpunkten die Normalen, welche die Peripherie des Stammes fchneiden, und verbindet diefe Schnittpunkte mit den Endpunkten des Durchmeffers, fo folgen aus der Aehnlichkeit der Dreiecke die Verhältniffe

$$\frac{b}{\frac{D}{3}} = \frac{D}{b} \quad \text{und} \quad \frac{h}{\frac{2}{3}D} = \frac{D}{h}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 29.$$

welche die obigen Werthe für b und h ergeben.

In der Praxis pflegt man den Querfchnitten von Balken, welche die relativ gröfste Tragfähigkeit entwickeln follen, mit hinreichender Annäherung das Seitenverhältnifs $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$ zu geben. Bleibt das Widerftandsmoment [73]) eines folchen Balkens, welches feiner Breite und dem Quadrate feiner Höhe proportional ift, hinter feinem Biegungs- [74]) oder Angriffsmoment zurück, fo ift eine hinreichende Verftärkung deffelben erforderlich; diefelbe ift hiernach vortheilhaft in der Vermehrung feiner Höhe zu fuchen.

Werden zu diefem Zwecke zwei Balken durch Verzahnung oder Verdübelung verbunden, fo erfordern diefelben unter übrigens gleichen Umftänden eine gröfsere

---

[73]) Siehe Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«, Art. 299 (S. 263).

[74]) Siehe ebendaf. Art. 295 (S. 257).

Höhe H, als ein maffiver Balken von gleicher Widerftandsfähigkeit, welche fich, wie folgt, beftimmen läfft. Bezeichnet αH denjenigen Theil der Balkenhöhe, welcher bei den zufammengefetzten Balken nicht zur Wirkung kommt und bei den verzahnten Balken der Zahnhöhe, bei den verdübelten Balken dem zwifchen den Einzelbalken verbliebenen Zwifchenraume entfpricht, fo ift, wenn die Biegungsmomente beider Balken gleich fein follen,

$$\frac{b h^2}{6} = \frac{b (H - \alpha H)^3}{12} \cdot \frac{2}{H} = \frac{b}{6} (1 - \alpha)^3 H^2 , \quad \ldots \ldots \quad 30.$$

woraus das Höhenverhältnifs des zufammengefetzten und maffiven Balkens zu

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\frac{1}{(1 - \alpha)^3}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 31.$$

gefunden wird. Nimmt man wie gewöhnlich $\alpha = \frac{1}{10}$ an, fo ergiebt fich

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\left(\frac{10}{9}\right)^3} = \frac{1{,}17}{1} , \quad \ldots \ldots \ldots \quad 32.$$

woraus folgt, dafs unter übrigens gleichen Umftänden der zufammengefetzte Balken durchfchnittlich die 1,17-fache Höhe des maffiven Balkens erfordert. Bezeichnet M das gröfste Angriffsmoment und k die zuläffige Beanfpruchung des verwendeten Holzes, fo ift $k \frac{b h^2}{6} = M$, alfo $h = \sqrt{\frac{6 M}{k b}}$, daher, wenn diefer Werth in Gleichung 31. eingeführt wird, die Höhe des zufammengefetzten Balkens

$$H = \sqrt{\frac{6}{(1 - \alpha)^3} \cdot \frac{M}{k b}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 33.$$

Wird hierin $b = \frac{5}{7} H$ gefetzt, fo erhält man deffen der relativ gröfsten Tragfähigkeit entfprechende Höhe

$$H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 7}{5 (1 - \alpha)^3} \cdot \frac{M}{k}} = \frac{2{,}025}{1 - \alpha} \sqrt[3]{\frac{M}{k}} \quad \ldots \ldots \quad 34.$$

a) Verzahnte und verdübelte Balken.

157. Verzahnte Balken.

Den verzahnten Balken (Fig. 316 u. 317) fetzt man bei geringeren Spannweiten aus zwei, bei gröfseren Spannweiten aus einer ungeraden Anzahl von Balkenftücken fo zufammen, dafs deren Stofsfugen abwechfeln, wobei man den oberen auf Druck

Fig. 316.

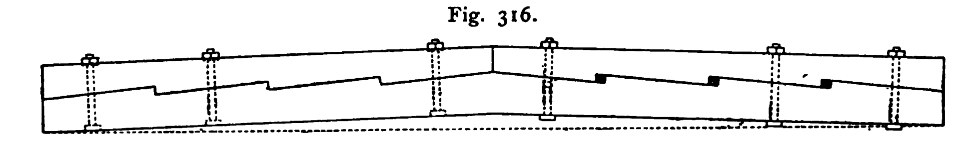
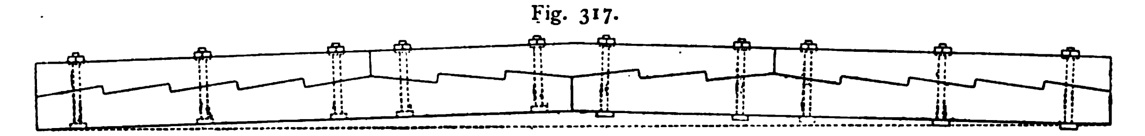


Fig. 317.



beanfpruchten Balken in feiner Mitte (Fig. 316) ftöfst, damit der untere auf Zug beanfpruchte Balken an diefer Stelle zufammenhängt. Um ein Ineinanderpreffen der Hirnenden zu vermeiden, fchaltet man zwifchen die Stöfse des oberen Balkens entfprechende Zink-, Kupfer- oder Eifenplatten ein, während man über die Stöfse des

unteren Balkens (Fig. 317) eiserne Schienen legt, um den verlorenen Zusammenhang der Balkenstücke wieder herzustellen. Um Durchbiegungen zu vermeiden, giebt man den verzahnten Balken vortheilhaft eine Sprengung, deren Pfeil $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ ihrer Länge beträgt. Sind Balken nicht zu erhalten, welche von Natur eine solche Biegung besitzen, so giebt man sie ihnen künstlich, indem man sie in der Mitte durch einen Klotz unterstützt und ihre Enden entsprechend belastet oder durch zwei Winden niederdrückt. In dieser Lage muss der ganze Balken verbleiben, bis die Bolzenlöcher gebohrt und die Bolzen selbst fest angezogen sind. Bisweilen stösst man den unteren Theil eines fünftheiligen verdübelten Balkens in der Mitte (Fig. 317), um die Sprengung desselben zu erleichtern. Die Anordnung der Zähne und Vertheilung der Schraubenbolzen ergiebt sich aus Art. 135 (S. 99), wozu noch zu bemerken bleibt, dass durch Herstellung der Zähne eine Verschwächung der Balken eintritt, und dass man der Schwierigkeit der Herstellung eines tüchtigen verzahnten Balkens wegen denselben zur Zeit fast stets durch den verdübelten Balken ersetzt, welcher bei ungleich leichterer Herstellung mindestens dasselbe leistet.

158.
Verdübelter Balken.

In den meisten Fällen, wo Balken von den Längen der zu überspannenden Weiten vorhanden sind und nur deren Stärke nicht ausreicht, setzt man den horizontalen zu verdübelnden Balken aus je 2 Balken (Fig. 318 bis 320) und nur bei grösserer Belastung desselben aus je 3 bis je 5 Balken zusammen. Verdübelten Balken, welche als horizontale Träger dienen sollen, giebt man vortheilhaft eine Sprengung von

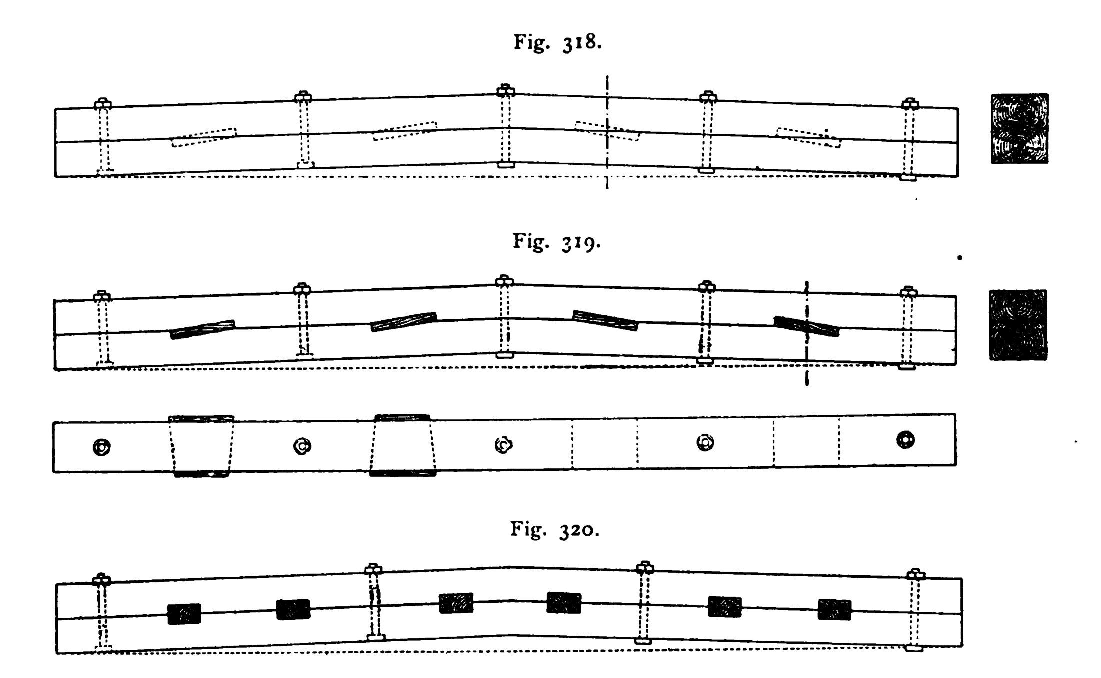


Fig. 318.

Fig. 319.

Fig. 320.

$\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ ihrer Länge (Fig. 320), welche man ähnlich wie bei den verzahnten Balken herstellt. Dagegen werden durch Verdübelung verstärkte Streben, Sattelhölzer, Spannriegel und Hängesäulen nur aus geraden Balken zusammengesetzt. Die Form und Entfernung der Dübel, so wie die Zahl und Vertheilung der Schraubenbolzen ergiebt sich aus Art. 136 (S. 100).

b) Geſchlitzte und geſpreizte Balken.

159. Geſchlitzte Balken

Wird ein Balken von der Breite b und der Höhe h in halber Höhe nach ſeiner Längenaxe aufgeſchlitzt und dann nach ſeiner Mitte hin allmählich ſo aus einander geſpreizt, daſs er dort die geſammte Höhe $\alpha\, h$ erhält, ſo wächst deſſen urſprüngliches Biegungsmoment $\frac{b\, h^2}{6}$ auf

$$\frac{b}{6} \cdot \frac{\alpha^3 - (\alpha - 1)^3}{\alpha}\, h^2 , \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 35.$$

ſonach, da in der Praxis gewöhnlich $\alpha = 2{,}5$ angenommen wird, auf $4{,}9\ \frac{b\, h^2}{6}$ oder faſt auf das Fünffache. Dieſe Erhöhung der Tragfähigkeit veranlaſſte *Laves*, Balken in der Mitte aufſägen und durch eingeſchaltete Klötze aus einander ſpreizen, deren Enden aber, zur Vermeidung eines völligen Aufſchlitzens, durch Schraubenbolzen (Fig. 321 u. 322 rechts) oder beſſer durch umgelegte eiſerne Bänder (Fig. 321 u. 322 links) feſt zuſammenhalten zu laſſen. Da die Druckfeſtigkeit des Holzes

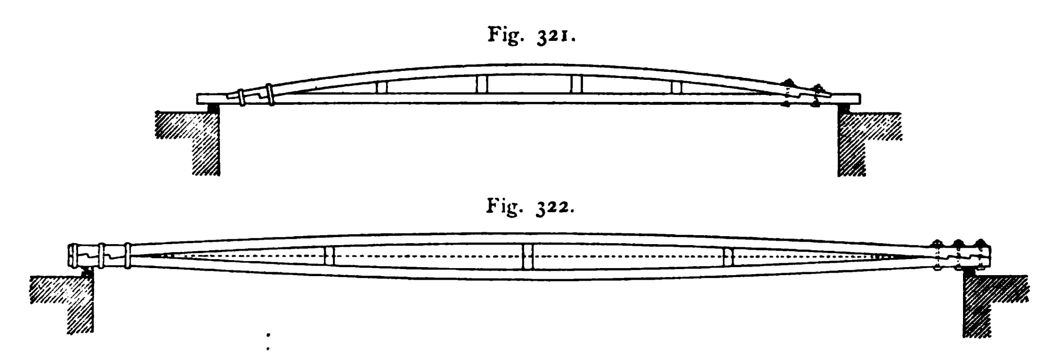


Fig. 321.

Fig. 322.

etwas geringer, als deſſen Zugfeſtigkeit iſt, ſo lieſs *Laves* dem oberen Balkentheile etwa $\frac{4}{3}$ von der Stärke des unteren, alſo dem erſteren $\frac{4}{7}\, h$ und dem letzteren $\frac{3}{7}\, h$ zur Höhe geben.

160. Geſpreizte Balken.

Wo die Stärke eines Balkens nicht ausreicht, um die zuvor angegebenen nöthigen Widerſtandsmomente zu erzielen, kann man durch Zuſammenſetzung je zweier Balken, welche man an den Enden feſt verbindet und von welchen man nur den unteren oder nur den oberen (Fig. 321) oder auch beide (Fig. 322) biegt und durch hölzerne Spreizen oder hölzerne Zangen aus einander hält, helfen.

Bezeichnet man die Ordinaten der Schwerlinien beider Balken (Fig. 323) für die beliebige Abſciſſe x und die halbe Stützweite $\frac{l}{2}$ bezw. mit y und h und die Angriffsmomente der Horizontalkräfte in den daſelbſt geführten lothrechten Schnitten bezw. mit M_x und $M_{\frac{l}{2}}$, ſo ergiebt ſich die Form der geſpreizten Balken aus der Gleichung

$$y = \frac{M_x}{M_{\frac{l}{2}}}\, h , \quad \ldots \ldots \quad 36.$$

Fig. 323.

welche z. B. für gleichförmig auf die Projection vertheilte Belaſtung g, wofür bekanntlich $M_x = \frac{g}{2}\, x\, (l - x)$ und $M_{\frac{l}{2}} = g\, \frac{l^2}{8}$ iſt, in die Gleichung

$$y = \frac{4\, h}{l^2}\, x\, (l - x), \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 37.$$

alfo in die Gleichung der gemeinen Parabel übergeht. Der Querfchnitt F_z des gezogenen und F_d des gedrückten Balkens hat gleichzeitig den darin auftretenden Horizontalkräften und Verticalkräften

$$H_x = \frac{M_x}{y} \quad \text{und} \quad V_x = \frac{d\,M_x}{d_x} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 38.$$

zu widerftehen, woraus fich bezw. die Querfchnittsflächen des gezogenen und gedrückten Balkens für die zuläffigen Zug- und Druckfpannungen z und d, fo wie für die zuläffigen Schubfpannungen v

$$F_z = \frac{M_x}{y\,z} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v}\,\frac{d\,M_x}{d_x}\,, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 39.$$

$$F_d = \frac{M_x}{y\,d} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v}\,\frac{d\,M_x}{d_x} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 40.$$

ergeben.

Für den gemein-parabolifchen Balken mit gleichförmig auf die Projection vertheilter Belaftung erhält man bezw.

$$F_z = \frac{1}{z}\,\frac{g\,l^2}{8\,h} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v}\,g\left(\frac{l}{2} - x\right), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 41.$$

ferner

$$F_d = \frac{1}{d}\,\frac{g\,l^2}{8\,h} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v}\,g\left(\frac{l}{2} - x\right), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 42.$$

woraus folgt, dafs in diefem Falle die Querfchnitte F_z und F_d conftant find und wegen

$$\frac{F_z}{F_d} = \frac{d}{z} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 43.$$

fich umgekehrt verhalten, wie ihre Beanfpruchungen, ferner dafs die Querfchnitte F_z' und F_d' einander gleich, aber variabel find und von der Mitte des Balkens, wo fie Null werden, nach deffen Enden hin zunehmen, wo fie den gröfsten Werth

$$F_z' = F_d' = \frac{1}{v}\,.\,\frac{g\,l}{2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 44.$$

erreichen. Für die Querfchnitte des gemein-parabolifchen Balkens find alfo in deffen Mitte nur die Momente, in allen übrigen, vorzugsweife über den Auflagern befindlichen Querfchnitten die Momente und Vertical-Schubkräfte in der Art mafsgebend, dafs der gröfsere der beiden fich ergebenden Querfchnitte zu wählen ift.

Die Balkenenden find fo zu verbinden, dafs die gleichen, aber entgegengefetzt und fcherend wirkenden Horizontalkräfte $\frac{g\,l^2}{8\,h}$ aufgehoben werden, was man durch Verfatzung, Verzahnung oder Verdübelung in Verbindung mit Schrauben und Bändern zu erreichen fucht. Die gefpreizten Träger erfordern je zwei durchgehende Balken, wefshalb fie auf Spannweiten von 10 bis 12^{m} befchränkt find, und geftatten wegen ihrer Form bei Decken nur dann Anwendung, wenn eine horizontale Ausgleichung von Fufsboden und Decke befonders hergeftellt wird.

c) Gitterträger.

161. Ermittelung der Spannungen.

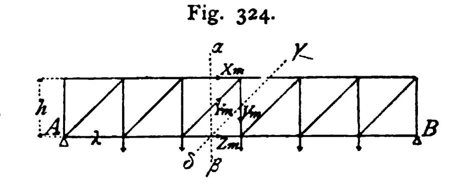
Wo bedeutendere Laften zu übertragen und gröfsere Räume mittels Trägern zu überfpannen find, welche oben und unten eine wagrechte Begrenzung erhalten follen, find Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen (fog. Parallelträger [75]) und rechtwinkeligem Stabfyftem mit Vortheil zu verwenden. Sie erhalten zwei doppelte hölzerne Gurtungen, zwifchen welche hölzerne, gewöhnlich unter halbem rechten Winkel geneigte gekreuzte Diagonalen und hölzerne oder eiferne Verticalen (Träger mit combinirtem Gitterwerk [75]) nach dem Syftem *Howe* eingefchaltet find (Fig. 325 bis 327). Hierbei werden am vortheilhafteften alle die eine feitliche Uebertragung der Laften auf beide Stützpunkte bewirkenden Hauptdiagonalen, fo wie die zur Ausfteifung der Felder eingefchalteten Gegendiagonalen für Druck, jene Verticalen für Zug conftruirt.

---

75) Siehe Theil I, Band 1, Art. 374 (S. 338).

Nimmt man an, ein folcher Gitterträger (Fig. 324), von der Höhe h und mit n gleichen Feldern von der Weite λ, fei in jedem unteren Knotenpunkte mit dem Eigengewicht p und der Verkehrslaft q befchwert (z. B. wenn Deckenbalken auf deffen untere Gurtung gelegt oder an diefelbe angehängt werden), fo beträgt die gröfste Druckfpannung des beliebigen m-ten oberen Gurtungsftückes [76])

Fig. 324.



$$X_m \, min = - \frac{(p+q)\lambda}{2h}(m-1)(n+1-m) = -C(m-1)(n+1-m) \qquad 45.$$

und die gröfste Zugfpannung des m-ten unteren Gurtungsftückes [76])

$$Z_m \, min = \frac{(p+q)\lambda}{2h} m(n-m) = C\,m(n-m), \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 46.$$

worin C diefelbe Conftante darftellt, welche daher bezw. mit zwei verfchiedenen variablen Producten zu multipliciren ift.

Die Grenzfpannungen der Diagonalen 1 bis n mit der durchweg gleichen Länge $t = \sqrt{\lambda^2 + h^2}$ find für Druck und Zug [77]) bezw.

$$Y_m \, min = - \frac{t}{2h}\left[p(n+1-2m) + \frac{q}{n}(n-m)(n+1-m)\right] \; . \qquad 47.$$

und

$$Y_m \, max = \frac{t}{2h}\left[-p(n+1-2m) + \frac{q}{n} \, . \, m(m-1)\right], \; . \; . \; . \qquad 48.$$

worin $\frac{tp}{2h}$ und $\frac{tq}{2nh}$ wiederum Conftante vorftellen.

Die Grenzfpannungen in den Verticalen 0 bis $n-1$ find für Zug und Druck [77]) bezw.

$$V_m \, max = \frac{p}{2}(n+1-2m) + \frac{q}{2n}(n-m)(n+1-m) \; . \; . \; . \qquad 49.$$

und

$$V_m \, min = \frac{p}{2}(n+1-2m) - \frac{q}{2n} m(m-1) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 50.$$

Sind die Spannungen diefes Trägers mit durchweg rechts fteigenden Diagonalen, welche auf feiner linken Seite Druck-, auf feiner rechten Seite Zugfpannungen annehmen, berechnet, fo laffen fich hieraus die Spannungen des Trägers mit nur gedrückten, zu deffen Mittellinie fymmetrifchen Diagonalen (Hauptdiagonalen) ableiten, während man alle Diagonalen, welche Zugfpannung annehmen würden, wegläfft und durch folche mit entgegengefetzter Neigung erfetzt.

Wird derfelbe Gitterträger in allen oberen Knotenpunkten belaftet (z. B. wenn Deckenbalken auf deffen obere Gurtung gelegt werden), fo bleiben die Spannungen der Gurtungen und Diagonalen diefelben und die Grenzfpannungen nur der Verticalen von 0 bis $n-1$ gehen in die folgenden [77]) über:

$$V_m \, max = \frac{p}{2}(n-1-2m) + \frac{q}{2n}(n-m)(n-1-m) \; . \; . \qquad 51.$$

und

$$V_m \, min = \frac{p}{2}(n-1-2m) - \frac{q}{2n} m(m+1) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 52.$$

In den meiften beim Hochbauwefen vorkommenden Fällen erhalten die hölzernen Gitterträger durchweg gleiche Stärken ihrer Gurtungen und Stäbe, wodurch zwar

[76]) Siehe Art. 386, S. 351 in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«.

[77]) Siehe Art. 387, S. 351 ebendaf.

ihr Materialbedarf vermehrt, aber ihre Conſtruction weſentlich vereinfacht wird. In dieſem Falle hat man nur die gröſsten Spannungen der Gurtungen und Stäbe, welche bezw. in der Mitte und an den Enden dieſer Träger eintreten, zu ermitteln und hiernach ihre Querſchnitte feſt zu ſtellen.

Für $m = \frac{n}{2}$ erhält man daher die abſolut gröſste Druckſpannung der oberen Gurtung

$$X_m \, min = - \frac{(p+q)\,\lambda}{2\,h} \left(\frac{n^2}{4} - 1\right), \quad \ldots \ldots \quad 53.$$

worin 1 gegen $\frac{n^2}{4}$ vernachläſſigt werden kann, und die abſolut gröſste Zugſpannung der unteren Gurtung

$$Z_m \, max = \frac{(p+q)\,\lambda}{2\,h} \cdot \frac{n^2}{4} \quad \ldots \ldots \quad 54.$$

Für $m = 0$ erhält man die abſolut gröſste Druckſpannung der Diagonalen

$$Y_m \, min = - \frac{t}{2\,h} (p+q)(n+1) \ldots \ldots \quad 55.$$

und die abſolut gröſste Zugſpannung der Verticalen

$$V_m \, max = \frac{1}{2} (p+q)(n+1), \ldots \ldots \quad 56.$$

wenn der Träger unten und

$$V_m \, max = \frac{1}{2} (p+q)(n-1), \ldots \ldots \quad 57.$$

wenn derſelbe oben belaſtet iſt.

162. Querſchnitts-Ermittelung.

Bezeichnet man mit F_x und F_z, F_d und F_v bezw. die Querſchnitte der Gurtungen und Stäbe, mit z und d bezw. die gröſste zuläſſige Zug- und Druckſpannung, ſo iſt, wenn die Trägerlänge $n\lambda = l$ geſetzt wird, der erforderliche conſtante nutzbare Querſchnitt der oberen Gurtung

$$F_x = \frac{n\,(p+q)\,l}{8\,d\,h}, \quad \ldots \ldots \quad 58.$$

der unteren Gurtung

$$F_z = \frac{n\,(p+q)\,l}{8\,z\,h}, \quad \ldots \ldots \quad 59.$$

der Diagonalen

$$F_d = \frac{(n+1)\,(p+q)\,t}{2\,d\,h} \quad \ldots \ldots \quad 60.$$

und der entweder hölzernen oder eiſernen Verticalen bezw.

$$F_v = \frac{(n+1)\,(p+q)}{2\,z} \quad \text{oder} \quad F_v = \frac{(n-1)\,(p+q)}{2\,z}, \quad \ldots \quad 61.$$

wobei die kleinſte zuläſſige Beanſpruchung auf Zug für Holz und Schmiedeeiſen zu bezw. 100 und 1000 kg pro 1 qcm angenommen werden kann.

163. Conſtruction.

Bei Anwendung hölzerner Verticalen werden dieſelben auf beiden Seiten mit den beiden Gurtungen verblattet und oben und unten mit ihnen verbolzt, während die gekreuzten Diagonalen, welche in ihren Kreuzungspunkten verblattet und genagelt werden, durch Zapfen ohne oder mit Verſatzung mit ihnen verbunden ſind (Fig. 325). Bei Anwendung eiſerner, mit Kopf und Mutter verſehenen Verticalen werden dieſelben

durch kurze hölzerne, von auſsen quer über und unter die Gurtungen gelegte Sattelſtücke geſteckt, die Diagonalen mittels Zapfen zwiſchen die Gurtungen eingeſchaltet und dieſe ſämmtlichen Theile durch Anziehen der erwähnten Muttern feſt zuſammengepreſst (Fig. 326).

Bei Gitterträgern für gröſsere Spannweiten mit bedeutenderen Belaſtungen ſchaltet man zwiſchen die Enden entgegengeſetzt geneigter Diagonalen beſondere Spannklötze ein, gegen welche ſich die letzteren ſtemmen und welche von den Hängeeiſen durchſetzt werden (Fig. 327).

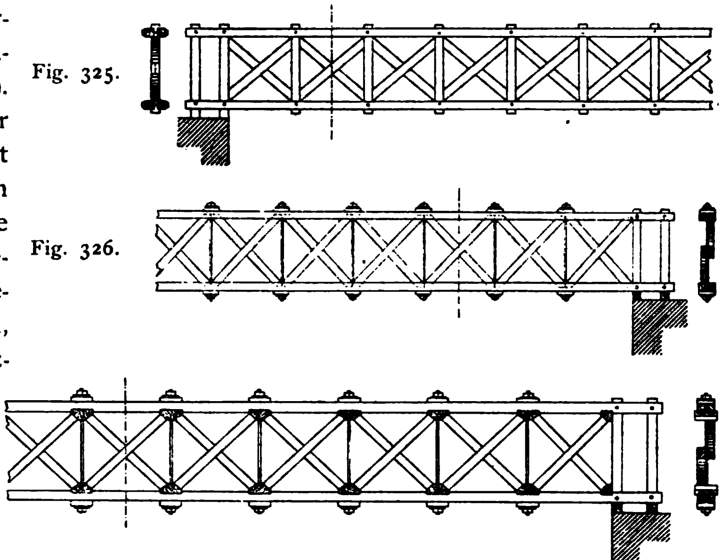


Fig. 325.

Fig. 326.

Fig. 327.

d) Armirte Balken.

Die Tragfähigkeit von Balken, welche für ſich zu ſchwach ſind, kann durch Verbindung derſelben mit Hängewerken (Fig. 329 u. 331) oder Sprengwerken (Fig. 332) erhöht werden, wobei dieſe Hilfs-Conſtructionen für kleinere und gröſsere Spannweiten bezw. einfach und doppelt angewendet werden.

1) Hängewerkbalken.

164. Einfache Hängewerkbalken.

Iſt ein Balken von der Länge l, Breite b und Höhe h (Fig. 328) verfügbar, ſo iſt derſelbe bei ſeiner gröſsten zuläſſigen Beanſpruchung d im Stande, von der gröſsten, in ſeiner Mitte wirkenden Laſt P den Antheil

Fig. 328.

$$\alpha P = \frac{2}{3} \frac{d\, b\, h^2}{l} \quad . \quad . \quad . \quad 62.$$

zu tragen, woraus α zu beſtimmen iſt. Um den Reſt $P\,(1 - \alpha)$ der Laſt übertragen zu können, müſſen die Zugſtangen auf jeder Seite bei einer gröſsten zuläſſigen Beanſpruchung z den nutzbaren Querſchnitt

$$F = \frac{P\,(1 - \alpha)}{2\,z} \; \frac{\sqrt{4\,h^2 + l^2}}{2\,h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 63.$$

erhalten, wovon bei je zwei Zugſtangen auf jede die Hälfte kommt. Werden dieſelben, wie gewöhnlich, aus Rundeiſen hergeſtellt und an den äuſseren Enden mit Gewinden von 0,2 des äuſseren Durchmeſſers verſehen, ſo beträgt deren äuſserer Durchmeſſer

$$D = \frac{2}{1 - 0{,}4} \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 1{,}88 \sqrt{F} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 64.$$

Die Gewinde werden gewöhnlich durch eiſerne, zur Zugſtangenaxe normale Querplatten geſteckt, mit Unlerlagsplatten verſehen und dann mittels ſtarker Muttern angezogen, während die unteren Enden der Zugſtangen Oeſen erhalten, durch welche

Fig. 329.



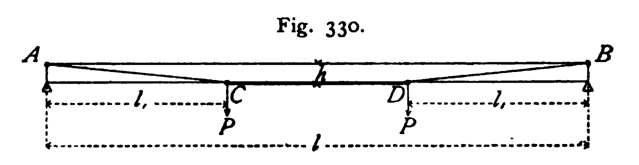
ein eiſerner, den hölzernen Balken unterſtützender Querbolzen geſteckt und durch Splinte oder Schrauben feſt gehalten wird (Fig. 329).

165. Doppelte Hängewerkbalken.

Iſt ein Balken von den zuvor angegebenen Abmeſſungen verfügbar und in den Entfernungen l_1 von ſeinen beiden Enden mit den gleichen Einzellaſten P beſchwert (Fig. 330), ſo kann er von jeder derſelben den Antheil

$$\alpha P = \frac{1}{6} \, \frac{d\, b\, h^2}{l_1} \quad . \quad 65.$$

Fig. 330.

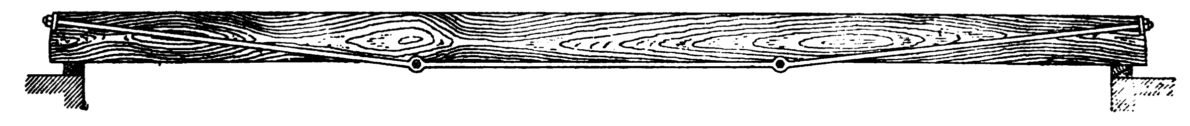


tragen, woraus α zu beſtimmen iſt. Um den Reſt $P\,(1 - \alpha)$ dieſer Laſt übertragen zu können, müſſen die geneigten und wagrechten Theile der Zugſtangen bezw. einen nutzbaren Geſammtquerſchnitt

$$F = \frac{P(1-\alpha)}{z} \, \frac{\sqrt{h^2 + l_1^2}}{h} \quad \text{und} \quad F_1 = \frac{P(1-\alpha)}{z} \cdot \frac{l_1}{h} \quad . \; . \; . \quad 66.$$

erhalten, woraus deren äuſserer Durchmeſſer wie vorher zu beſtimmen iſt. Die Conſtruction iſt derjenigen der einfachen Hängewerkbalken analog (Fig. 331).

Fig. 331.

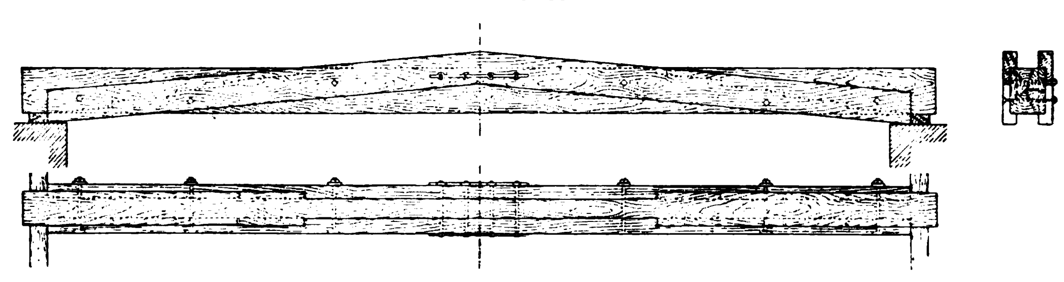


2) Sprengwerkbalken.

166. Einfache Sprengwerkbalken.

Einfache Sprengwerkbalken (Fig. 332) beſtehen auſser dem Hauptbalken aus je zwei zu beiden Seiten angebrachten, geneigten hölzernen Streben, welche durch Schraubenbolzen mit jenen verbunden werden. Um ein Ineinanderpreſſen der Streben an den ſich berührenden Hirnenden zu vermeiden, legt man hinreichend groſse Zink-,

Fig. 332.



Kupfer- oder Eifenplättchen ein. Die ftatifche Berechnung ift derjenigen der einfachen Hängewerkbalken analog; nur ift in die Gleichung 63. für F der Werth d ftatt z einzuführen und auf Holz zu beziehen.

167. Doppelte Sprengwerkbalken.

Doppelte Sprengwerkbalken unterfcheiden fich von den einfachen nur durch wagrechte, zwifchen die Streben eingefchaltete Spannriegel, werden jedoch analog conftruirt und mit denfelben Modificationen, wie die doppelten Hängewerkbalken berechnet.

---

4. Kapitel.

Balkenverbände.

a) Winkelbänder.

168. Berechnung.

Ift ein wagrechter, am einen Ende feft gehaltener, am anderen Ende frei fchwebender Balken (Fig. 333) von der Länge a für fich zu fchwach, um eine an feinem freien Ende wirkende Laft P zu tragen, fo wird derfelbe am einfachften durch ein Winkelband, auch Büge genannt, unterftützt. Bezeichnet α den Winkel, welchen das Winkelband von der Länge s mit dem Horizont einfchliefst, fo ift, wenn von der Biegungsfeftigkeit des Horizontalbalkens abgefehen wird, der längs des Winkelbandes wirkende Druck

$$S = P \frac{a}{s \cos \alpha \sin \alpha} = P \frac{2\, a}{s \sin 2\, \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad 67.$$

Fig. 333.

und der längs des Horizontalbalkens wirkende Zug

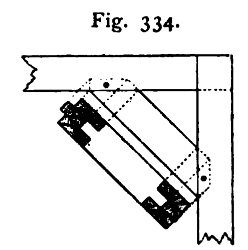
$$H = S \cos \alpha = P \frac{a}{s \sin \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 68.$$

Der Druck S wird unter übrigens gleichen Umftänden am kleinften, wenn $\sin 2\, \alpha = 1$, alfo wenn das Winkelband unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad angebracht wird. Wirkt die Laft P direct am Kopfe des Winkelbandes, fo wird $a = s \cos \alpha$ und, wenn diefer Werth in Gleichung 67. u. 68. eingeführt wird, der Längsdruck und Horizontalzug bezw.

$$S = \frac{P}{\sin \alpha} \text{ und } H = \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 69.$$

Wenn nunmehr mit β die gröfsere, mit δ die kleinere Querfchnitts-Dimenfion eines an den Enden eingezapften, etwas drehbaren Winkelbandes (Fig. 334), mit E der Elafticitäts-Modul und mit C fein Sicherheits-Coefficient, der bei Holz etwa zu $\frac{1}{10}$ anzunehmen ift, bezeichnet wird, fo ift der Widerftand eines auf feitliche Ausbiegung (Knicken) beanfpruchten Winkelbandes

Fig. 334.



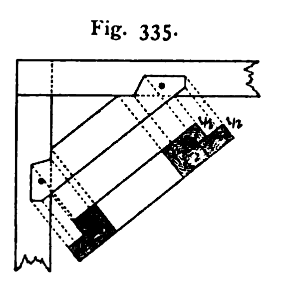
$$W = \frac{C \pi^2 E}{12} \cdot \frac{\beta \delta^3}{s^2} \quad . \quad . \quad 70.$$

Durch Gleichfetzung der Werthe 67. und 70. erhält man die Gleichung

$$\beta \delta^3 = \frac{24\, s\, a}{C \pi^2 E \sin 2\, \alpha} P, \quad . \quad 71.$$

woraus eine der erforderlichen Abmeffungen β oder δ ermittelt werden

Fig. 335.



kann. Wird das Winkelband an den Enden durch Anblattung feſt gehalten (Fig. 335), ſo iſt in Gleichung 71. $4\pi^2$ ſtatt π^2 zu ſetzen, mithin eine jener beiden Abmeſſungen aus der Gleichung

$$\beta\,\delta^3 = \frac{6\,s\,a}{C\,\pi^2\,E \sin 2\,\alpha}\,P \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 72.$$

zu ermitteln. Wird hierin $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3{,}14$ und $E = 120000$ geſetzt, ſo ergiebt ſich

$$\beta\,\delta^3 = 0{,}00005\,\frac{s\,a}{\sin 2\,\alpha}\,P \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 72a.$$

Gleich groſse Gefahr gegen ſeitliche Ausbiegung in der Richtung beider Querſchnitts-abmeſſungen des Winkelbandes entſteht, wenn $\beta = \delta$, in welchem Falle in den beiden letzten Gleichungen δ^4 ſtatt $\beta\,\delta^3$ zu ſetzen iſt, alſo nur δ zu beſtimmen bleibt.

169.
Conſtruction.

Das eingezapfte Winkelband (Fig. 334) wird oben mit einem Schrägzapfen, der zuerſt eingeſetzt wird, unten mit einem ſog. Jagdzapfen verſehen, welcher unten nach einem Kreisbogen abgerundet iſt und mit dem Hammer eingetrieben oder »eingejagt« wird. Zuletzt erfolgt die Befeſtigung mit je zwei Holznägeln.

Das angeblattete Winkelband (Fig. 335) erhält zwei ſchräge Blätter, welche ſeine halbe Stärke zur Dicke haben, im Uebrigen nur ſchräge Stöſse. Die Schrägblätter verhindern hierbei eine Vergröſserung, die Stöſse eine Verkleinerung der beiden Winkel, welche der Horizontalbalken und der Verticalpfoſten mit dem Winkelband einſchlieſsen.

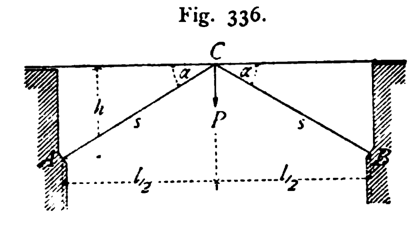
b) Sprengwerke.

Iſt ein an beiden Enden frei aufliegender Balken zu ſchwach, um die ihm zufallende Laſt zu tragen und wird er deſshalb an einer, an zwei oder an mehreren Stellen durch Streben unterſtützt, ſo entſteht das einfache (Fig. 337), das zweifache (Fig. 350 u. 352) und das mehrfache Sprengwerk.

170.
Einfaches Sprengwerk.

Wirkt in der Mitte des horizontalen Balkens von der Länge l die Laſt P, ſo hat jede Strebe von der Länge s hiervon die Hälfte zu übertragen, und es ergiebt ſich mit Bezugnahme auf die Bezeichnungen in Fig. 336 der längs der Strebe wirkende Druck

Fig. 336.



$$S = \frac{P}{2}\cdot\frac{s}{h} = \frac{P}{2}\cdot\frac{l}{2\,h\cos\alpha}, \quad . \; . \; 73.$$

welcher ſich in den am Fuſse der Strebe wirkenden Verticaldruck $\frac{P}{2}$ und den Horizontaldruck

$$H = \frac{P}{2}\cdot\frac{l}{2\,h} \quad . \; . \; . \; . \; . \; 74.$$

zerlegt, welche beiden letzteren Drücke von Verticalpfoſten oder Widerlagern aufzunehmen ſind. Die Stärke der Streben ergiebt ſich aus Gleichung 73. und 70. zu

$$\beta\,\delta^3 = \frac{6}{C\,\pi^2\,E}\cdot\frac{s^3}{h}\,P = \frac{3}{4\,C\,\pi^2\,E}\cdot\frac{l^3}{h\cos^3\alpha}\,P \quad . \; . \; . \; . \; 75.$$

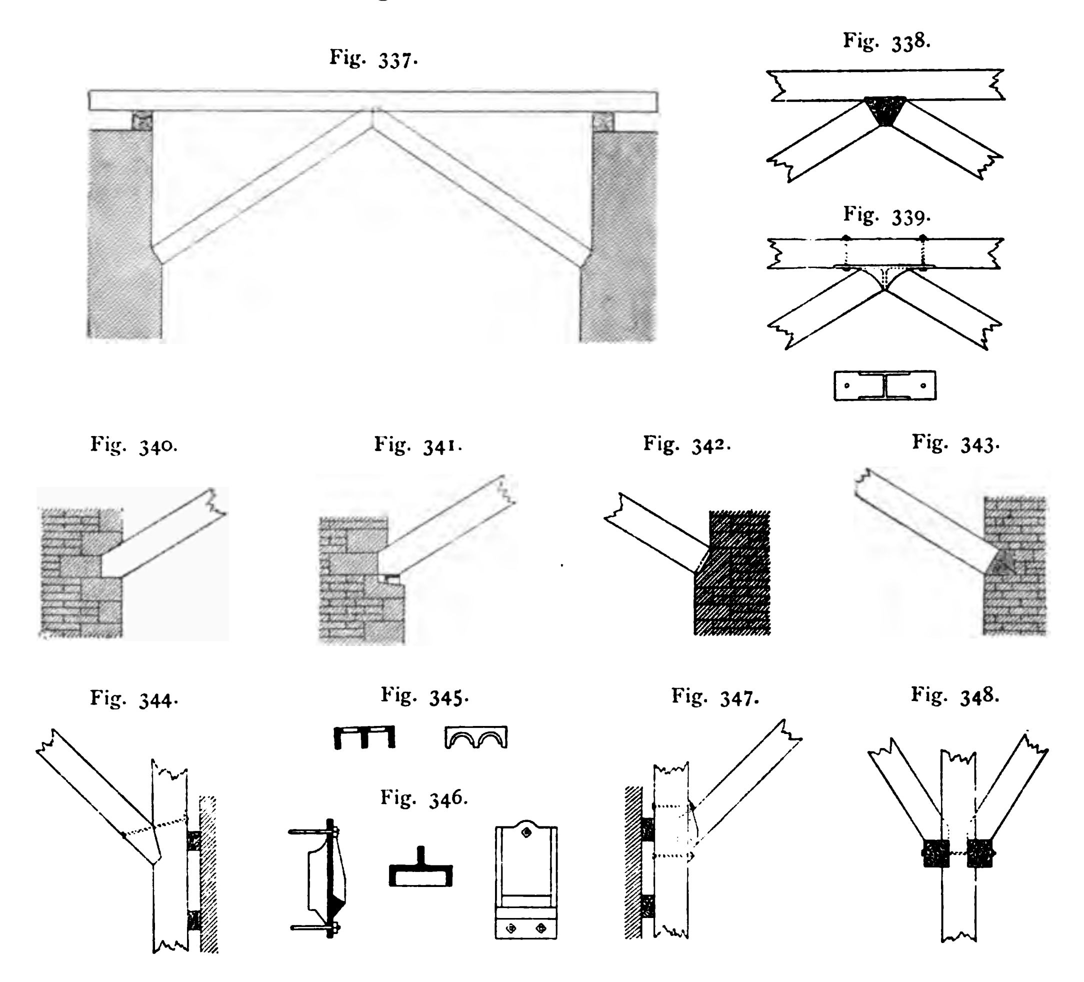
Wird hierin wieder $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3{,}14$ und $E = 120000$ geſetzt, ſo ergiebt ſich

$$\beta\,\delta^3 = 0{,}0000063\,\frac{l^3}{h\cos^3\alpha}\,P \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 75a.$$

Dieſer Querſchnitt wird, wie beim Winkelverband, zum Minimum, wenn derſelbe unter übrigens gleichen Umſtänden quadratiſch angenommen und wenn jede Strebe unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad geneigt wird.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken gefchieht entweder durch ftumpfen Stofs und fchräge Verzapfung mit dem Balken (Fig. 337) oder vermittels eines Unterzuges, in welchen die Streben ebenfalls mittels kurzer Zapfen eingreifen (Fig 338), oder mittels eines gufseifernen Schuhes (Fig. 339), welcher durch Bolzen mit dem Balken verbunden und mit Stehplatte nebft Wangenftücken verfehen ift, um die Köpfe der Streben gegen ein Ineinanderpreffen und gegen ein feitliches Ausweichen zu fchützen.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern gefchieht in verfchiedener Weife. Beftehen die Widerlager aus Mauerwerk, fo wird die Strebe entweder direct in



das Mauerwerk eingefetzt (Fig. 340) oder mittels eines gufseifernen Schuhes (Fig. 341 u. 345) unterftützt, welcher Wafferabflufs und Luftzutritt geftattet, alfo die Trockenheit und Dauer der Strebe befördert. Befteht das Mauerwerk aus Quadern oder wird es mit Quadern verblendet, fo läfft man den Fufs der Strebe in einen befonderen, nicht zu kleinen Quader ein (Fig. 342); befteht dagegen das Mauerwerk aus kleinen Bruchfteinen oder Ziegeln, fo legt man eine befondere hölzerne Schwelle ein, welche den Druck der Strebe auf eine gröfsere Mauerfläche vertheilt (Fig. 343).

Stemmen fich die Streben gegen hölzerne Pfoften, fo werden fie mit den letzteren entweder durch Verfatzungen und Schrauben (Fig. 344) oder durch gufs-

eiferne Schuhe (Fig. 347), welche in Fig. 346 befonders dargeftellt find, oder durch Gurthölzer (Fig. 348) verbunden, welche mit den Pfoften verfchraubt werden.

171. Zweifaches Sprengwerk.

Wirken in den Punkten C und D (Fig. 349), mit den Abftänden l_1 von den Stützen A und B, die Laften P und find diefe von den Streben AC und BD zu unterftützen, fo erfährt jede Strebe von der Länge $s = \sqrt{l_1^2 + h^2} = \frac{l_1}{\cos\alpha}$ den Längsdruck

$$S = P\frac{s}{h} = P\frac{l_1}{h\cos\alpha}; \quad 76.$$

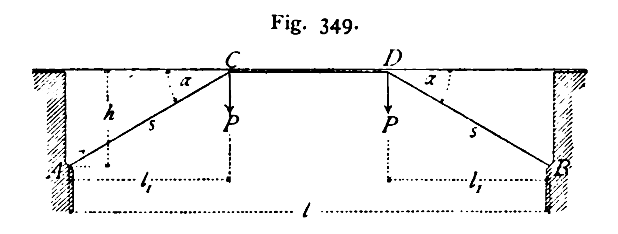


Fig. 349.

diefer fcheidet am Kopfe und Fufse jeder Strebe als horizontale Componente den Druck

$$H = P\frac{l_1}{h} \quad . \quad . \quad 77.$$

aus, welcher oben vom Balken oder von einem befonderen Spannriegel, unten vom Widerlager aufzunehmen ift. Durch Verbindung von Gleichung 70. und 76. ergiebt fich der Querfchnitt der Streben aus

$$\beta\,\delta^3 = \frac{12}{C\,\pi^2 E}\cdot\frac{s^3}{h}P = \frac{12}{C\,\pi^2 E}\cdot\frac{l_1^3}{h\cos^3\alpha}P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 78.$$

und, wenn diefelben Zahlenwerthe wie früher eingeführt werden, aus

$$\beta\,\delta^3 = 0{,}0000126\,\frac{l_1^3}{h\cos^3\alpha}P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 78a.$$

Für die Beftimmung des Querfchnittes des Spannriegels mit der Breite β_1 und der Dicke δ_1 als der kleineren Dimenfion erhält man aus Gleichung 70. und 77. die Gleichung

$$\beta_1\,\delta_1^3 = \frac{12}{C\,\pi^2 E}\cdot\frac{l_1^3}{h\cos^2\alpha}P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 79.$$

und, wenn wieder die obigen Zahlenwerthe eingeführt werden,

$$\beta_1\,\delta_1^3 = 0{,}0000126\,\frac{l_1^3}{h\cos^2\alpha}P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 79a.$$

Wird der Spannriegel mit dem Balken feft verbunden, fo läfft fich in obiger Gleichung $4\,\pi^2$ ftatt π^2 fetzen, und man erhält den Zahlen-Coefficienten 0,0000031.

Fig. 350.

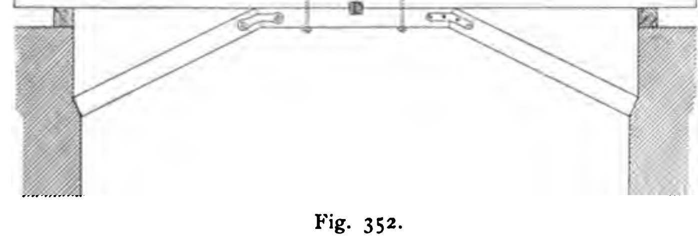


Fig. 351.

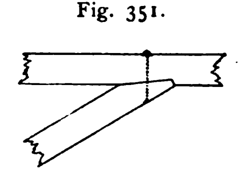


Fig. 352.

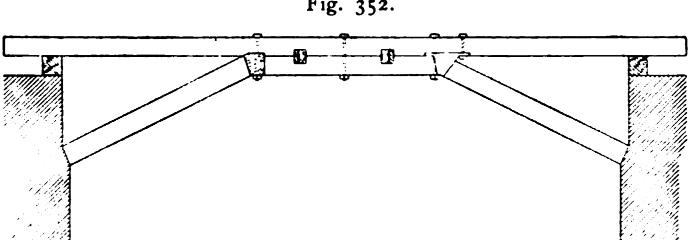
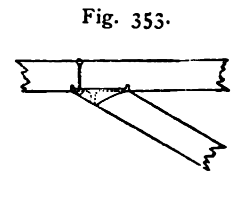


Fig. 353.



Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird entweder direct, theils mittels Verfatzung und Schrauben (Fig. 351), theils mittels gufseiferner Schuhe (Fig. 353), oder indirect bewirkt, indem man zwifchen die Streben einen Spannriegel (Fig. 350 u. 352) einfchaltet. Die Streben werden mit diefem Spannriegel entweder durch ftumpfen Stofs nebft fchmiedeeifernen Winkelbändern (Fig. 350) oder mittels eines Unterzuges (Fig. 352 links) oder mittels eines gufseifernen Schuhes (Fig. 352 rechts) verbunden. In den Unterzug, welcher an den Balken gefchraubt wird, werden Streben und Spannriegel mittels kurzer Zapfen eingefetzt, während der gufseiferne Schuh an den Balken und Spannriegel gefchraubt wird, im Uebrigen aber ähnlich, wie der beim einfachen Sprengwerk befchriebene angeordnet ift. Damit Balken und Spannriegel möglichft zufammen wirken, werden beide mittels Dübel und Schrauben (Fig. 350 u. 352) verbunden.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern ift derjenigen des einfachen Sprengwerkes analog.

c) Hängewerke.

Ift ein an beiden Enden frei aufruhender Balken zu fchwach, um die ihm zufallende Laft zu tragen, und wird er defshalb an einer, an zwei oder an mehreren Stellen durch Hängefäulen und Streben unterftützt, fo entfteht das einfache (Fig. 356 u. 359), das zweifache (Fig. 367) und das mehrfache Hängewerk. Das Hängewerk ift fomit als ein Sprengwerk mit einer, zwei oder mehreren Hängefäulen anzufehen.

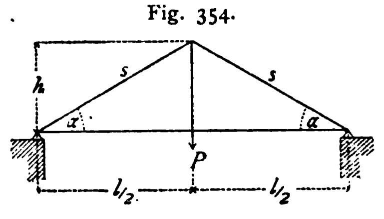
172. Einfach Hängewerk.

Das Princip des einfachen Hängewerkes oder des fog. **einfachen Hängebockes** wird durch Fig. 354 veranfchaulicht.

Wirkt in der Mitte des horizontalen Balkens die Laft P, fo ift diefelbe durch die Hängefäule auf die beiden Streben zu übertragen, mithin deren parallel zur Axe wirkende Zugfpannung

$$V = P \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 80.$$

Fig. 354.

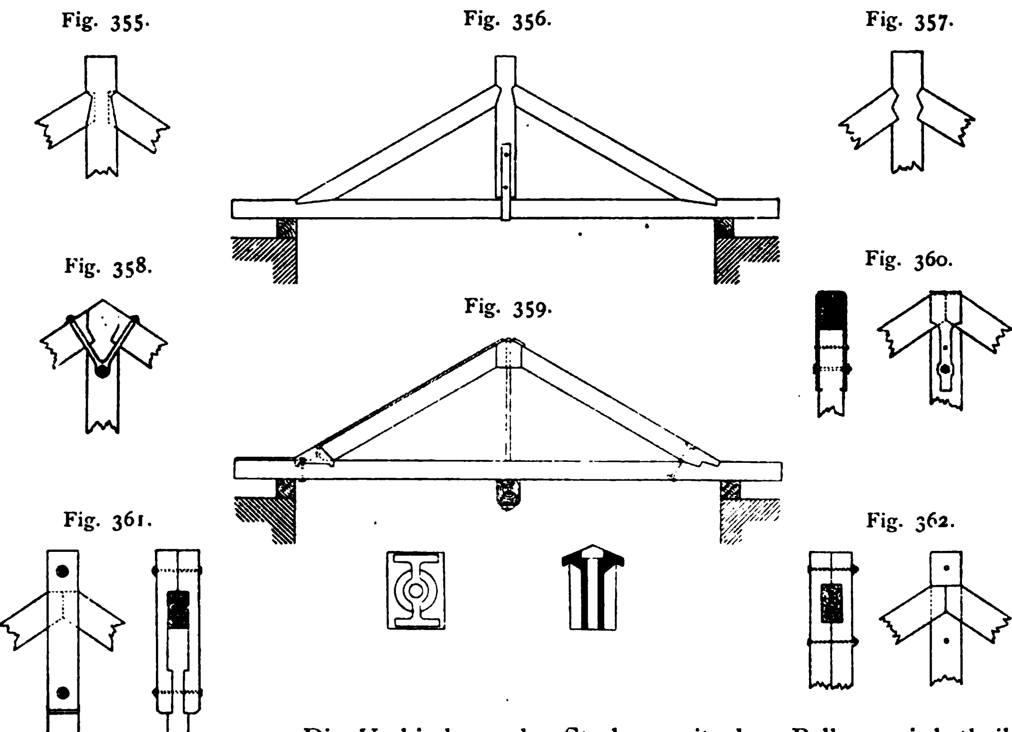


Am oberen Ende der Hängefäule zerlegt fich diefe Spannung in der Richtung der beiden Streben und erzeugt in ihnen denfelben, durch Gleichung 73. dargeftellten Längsdruck, wie beim einfachen Sprengwerk, während der Balken eine Zugfpannung erfährt, welche dem durch Gleichung 74. dargeftellten Seitendruck H numerifch gleich ift. Der Balken mufs diefe Zugfpannung aufheben; das Hängewerk erzeugt alfo einen Seitendruck, wie das Sprengwerk, nicht, fondern übt, wie der Balken, einen nur lothrechten Druck auf feine Unterlagen aus. Dagegen mufs der Balken fo lang fein, dafs ein Abfcheren durch die Streben vermieden wird. Wird die Verlängerung des Spannbalkens aufserhalb der Streben mit λ, deffen Breite mit β und deffen Widerftand gegen Abfcheren parallel zur Faferrichtung für die Flächeneinheit mit v bezeichnet, fo ergiebt fich die erforderliche Verlängerung

$$\lambda = \frac{H}{v \beta}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 81.$$

worin für Nadel- und Eichenholz bezw. $v = 6^{kg}$ und 8^{kg} pro 1^{qcm} gefetzt werden kann.

Das einfache Hängewerk erhält entweder Hängefäulen mit fchmiedeeifernen Bändern, welche den Spannbalken tragen (Fig. 356), oder Hängeftangen, welche den Spannbalken oder diefen nebft einem Unterzug durchfetzen (Fig. 359), und dann meift gufseiferne Verbindungstheile am Kopf und Fufs der Streben.



Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird theils durch einfache (Fig. 356) oder doppelte Verfatzung (ohne oder mit Zapfen) und Schrauben (Fig. 359 rechts), theils durch eiferne, mit dem Spannbalken verfchraubte Schuhe (Fig. 359 links) bewirkt. Diefe Schuhe werden mit zwei oder mehreren, in den Spannbalken eingreifenden Krampen verfehen, um auf dem Spannbalken nicht durch den Seitendruck der Streben verfchoben zu werden. Sobald der Winkel, unter welchem die Streben zum Spannbalken geneigt find, 30 Grad überfchreitet, find die Schrauben, welche in Verbindung mit der einfachen oder doppelten Verfatzung angewendet werden und ein Ausfpringen der Streben aus ihren Sitzen verhindern follen, nicht mehr unbedingt erforderlich.

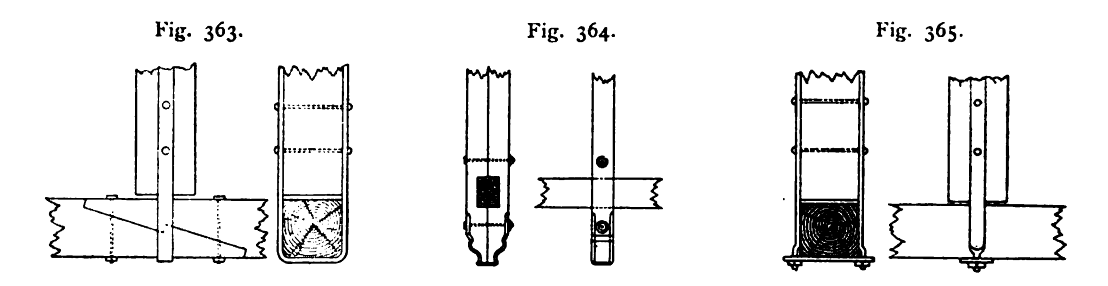
Die Verbindung der Streben mit der Hängefäule wird theils durch einfache (Fig. 356), theils durch doppelte Verfatzung (Fig. 357) ohne oder mit Zapfen (Fig. 355) bewirkt, in welchen Fällen die Hängefäule oben fo weit über die Verbindungsftelle hinaus verlängert werden mufs, dafs ein Abfcheren derfelben durch die Verticalkraft V vermieden wird. Wo eine folche Verlängerung nicht ftatthaft ift, werden die Hängefäulen mittels fchmiedeeiferner Winkelbänder (Fig. 358) oder mittels fchmiedeeiferner Hängebänder (Fig. 360) mit den Streben verbunden. Bei Anwendung doppelter Hängefäulen, welche oben genügend verlängert und zufammengefchraubt find, laffen fich die Streben ftumpf ftofsen (Fig. 362). Diefelbe Verbindung der Streben läfft fich auch anwenden, wenn zwei hölzerne, nach oben verlängerte und unter fich verfchraubte Lafchen angewendet und mit der Hängefäule durch Verfchränkung verbunden werden (Fig. 361).

Die Verbindung der Streben mit der Hängeftange erfolgt durch Vermittelung eines gufseifernen Zwifchenftückes, welches aus einer lothrechten, in der Mitte verdickten und durchlochten Platte befteht (Fig. 359), gegen welche fich die Streben ftemmen und durch welche die Hängeftange gefteckt wird, während oben eine Ver-

tiefung den Schraubenkopf der Hängeſtange aufnimmt und zwei Backenſtücke ein ſeitliches Ausweichen der Streben verhindern (Fig. 359 unten).

Die Verbindung der Hängeſäule mit dem Balken wird meiſt entweder durch ſchmiedeeiſerne Bänder (Fig. 363), welche den Balken umſchlieſsen und an die Hängeſäule angebolzt ſind, oder durch Hängeeiſen (Fig. 365) bewirkt, welche unten mit Schrauben verſehen ſind und eine Querplatte aufnehmen, worauf der Spannbalken

Fig. 363. Fig. 364. Fig. 365.

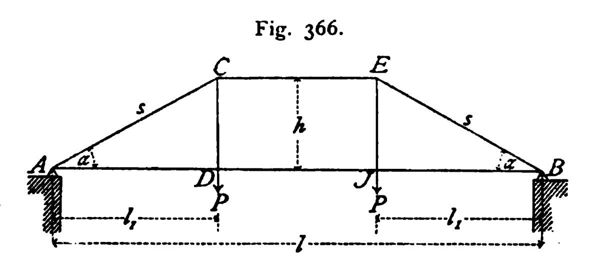


ruht. Muſs der Spannbalken geſtoſsen werden, ſo kann dies durch ein ſchräges Hakenblatt (Fig. 363) geſchehen. Werden doppelte Hängeſäulen angewendet, welche durch Schrauben verbunden werden (Fig. 364), ſo ſchneidet man erſtere aus und läſſt ſie den Balken umfaſſen.

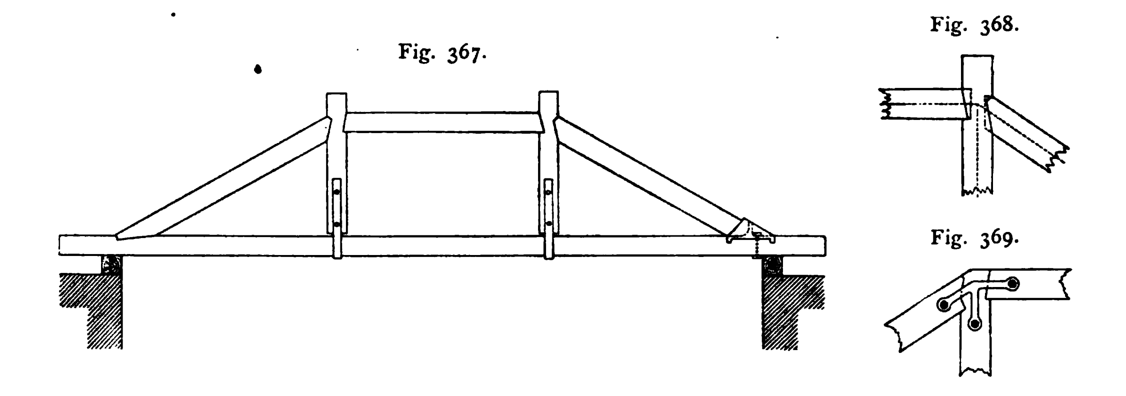
137. Zweifaches Hängewerk.

Das zweifache Hängewerk oder der ſog. doppelte Hängebock iſt in Fig. 366 in einfachen Linien dargeſtellt. Wirken in den Punkten D und J mit den Abſtänden l_1 von den Stützen A und B die Laſten P, P, ſo ſind dieſelben durch die beiden Hängeſäulen, welche die Zugſpannung P erfahren, auf die Streben und auf den zwiſchen ihnen eingeſchalteten Spannriegel zu übertragen; dieſelben erfahren dadurch bezw. die durch Gleichung 76. und 77. gegebene Druckſpannung, während gleichzeitig der Balken durch die von den Streben erzeugten Horizontalkräfte in Gleichung 77. gezogen wird und dieſelben zu vernichten hat. Auch das zweifache Hängewerk übt daher einen nur lothrechten Druck auf ſeine Auflager aus. Dagegen muſs der Spannbalken auch hier auf jeder Seite um die durch Gleichung 81. gegebene Abmeſſung länger, als die Stützweite l ſein, damit ein Abſcheren deſſelben nicht ſtattfindet.

Fig. 366.



Das zweifache Hängewerk erhält entweder zwei Hängeſäulen mit ſchmiedeeiſernen Bändern (Fig. 367) oder ſchmiedeeiſernen Hängeſtangen, die den Spannbalken tragen und den beim einfachen Hängewerk beſchriebenen ähnliche Anordnungen erfordern. Insbeſondere ſind die Verbindungen der Hängeſäulen und der Streben mit dem Spannbalken den bezw. in Fig. 363 bis 365 und in Fig. 359 links und rechts dargeſtellten analog. Dagegen erfordert die Verbindung der Hängeſäule mit den Streben und dem Spannriegel eine etwas abweichende Anordnung. Entweder läſſt man Streben und Spannriegel mittels Zapfen und Verſatzung in die Hängeſäule eingreifen, in welchem Falle die Hängeſäule nach oben ſo weit zu verlängern iſt, daſs ein Abſcheren durch die Kraft P nicht erfolgen kann (Fig. 368), oder man ſetzt, wo eine ſolche Verlängerung der Hängeſäule nicht ſtatthaft iſt, Strebe und Spannriegel mit Ver-


Fig. 367. Fig. 368. Fig. 369.

fatzung in diefelbe ein und verbindet fie durch je zwei dreiarmige Bänder, welche man mittels je dreier durchgehenden Schrauben befeftigt (Fig. 369).

d) Hänge-Sprengwerke.

174. Princip und Conftruction.

Erfordert ein Balken Unterftützung in 3 oder 4 Zwifchenpunkten, fo läfft fich hierzu eine Combination von Sprengwerk und Hängewerk, und zwar bezw. das einfache und doppelte Hänge-Sprengwerk (Fig. 370 u. 371) anwenden. Die Verbindungen der Hängefäulen mit den Balken, der Hängefäulen mit den Streben und Spannriegeln, fo wie der Streben mit ihren Stützpunkten find den entfprechenden Verbindungen der Sprengwerke und der Hängewerke analog; dagegen erfordern die Streben und Balken an denjenigen Stellen, wo fie fich kreuzen, eine befondere Verbindung. Wo die Stärken der Balken und Streben dies geftatten, werden diefelben fo überblattet, dafs von den Streben als den Hauptträgern höchftens $^1/_3$ ihrer Dicke ausgefchnitten wird (Fig. 370 u. 371 links). Sollen die Streben überhaupt nicht verfchwächt werden, fo wendet man zwei Balken von geringerer Breite an, welche in die Streben an ihren Kreuzungsftellen etwas eingelaffen werden, während man die Hängefäulen zwifchen den doppelten Balken nach unten verlängert und dort die Balken ebenfalls etwas einläfft (Fig. 371 rechts). Bei Anwendung fowohl einfacher, als auch doppelter Balken werden die-

Fig. 370.

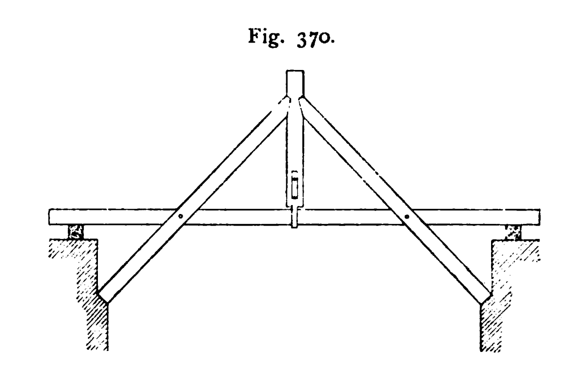
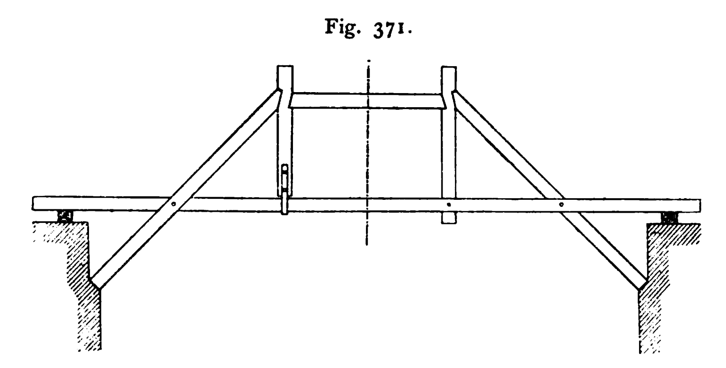


Fig. 371.



felben an ihren Kreuzungsftellen überdies durch Schraubenbolzen mit den Streben verbunden; eben fo werden die verlängerten Hängefäulen mit den doppelten Balken an ihren Kreuzungsftellen verfchraubt.

5. Kapitel.

Bohlen- und Bretterverbände.

Die Verbände von Bohlen und Brettern bezwecken meift die Herftellung entweder von wagrechten Bautheilen, wie Böden und Decken, oder von lothrechten Bautheilen, wie Wänden und Wandbekleidungen, Thüren und Thoren, oder von Bautheilen, welche aus Bohlen von verfchiedener Neigung zufammengefetzt find. Diefelben find wefentlich verfchieden, je nachdem fie in einer Ebene, in zwei zu einander parallelen Ebenen oder in mehreren, unter einem Winkel zu einander geneigten Ebenen zufammenzufetzen find.

a) Verbände in einer Ebene.

1) Verbreiterungen.

175. Methoden der Verbreiterung.

Die Bohlen- und Bretterverbände in einer wagrechten Ebene werden je nach dem niedrigeren oder höheren Grade des Zufammenhanges mittels der geraden und fchrägen Fuge, mittels Falz, mittels Nuth und Feder oder mittels Verzapfung, Nuth und eingelegter Feder, diejenigen in einer lothrechten Ebene je nach dem befonderen Zwecke mittels gerader und fchräger Fugen ohne und mit Deckleiften, Falz oder Keil- und Quadratfpundung, Nuth und Feder bewirkt.

176. Säumen und Meffern.

Das Herftellen der geraden und fchrägen Fuge wird bezw. Säumen und Meffern genannt. Die Fuge wird in beiden Fällen mit einem Handhobel glatt gehobelt und die Befeftigung der Bretter mit Hilfe von Leim oder mittels eines gut bindenden Kittes bewirkt.

177. Falzen.

Beim Falzen wird die Fuge der Bretter oder Bohlen mittels Falzhobel mit einem Falze (Fig. 372) verfehen, deffen Tiefe und Breite ihrer halben Dicke gleich

Fig. 372.

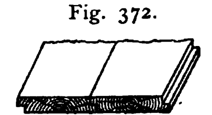


Fig. 373.

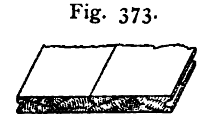


Fig. 374.

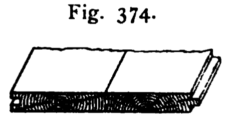
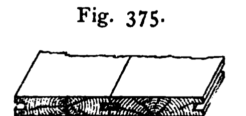


Fig. 375.



kommt. Jedenfalls mufs der Falz gröfser fein, als das Mafs, um welches die Bohle vorausfichtlich fchwindet. Da diefes Schwinden mit der Breite der Bohlen wächst, fo empfiehlt es fich, fchmalere Bohlen anzuwenden.

178. Spundung.

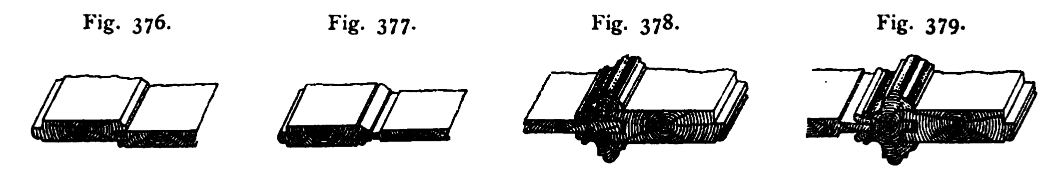
Bei Brettern oder fchwachen Bohlen wird die Keilfpundung (Fig. 373), bei ftärkeren Bohlen die Quadratfpundung (Fig. 374) mit Vortheil angewendet, wobei die Tiefe der Nuth der Breite der Feder entfpricht. Nur bei Spundwänden, welche zugleich fo zu dichten find, dafs fie kein Waffer durchlaffen, macht man die Nuth etwas tiefer und giefst den nach dem Zufammenfügen verbleibenden Zwifchenraum mit dünnflüffigem Cement aus.

179. Nuth und Feder.

Bei der Verbindung mittels Nuth und Feder fowohl von Brettern mit gleicher Dicke (z. B. von Fufsboden und Friesbrettern), als auch mit ungleicher Dicke (z. B. von Rahmftücken mit Füllungen) wird entweder die Feder an die eine Seite der

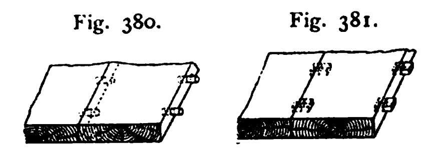
Bohlen angearbeitet oder von härterem Holz angefertigt und in die zu beiden Seiten der Bohlen angearbeiteten Nuthen eingelegt (Fig. 375). Statt der hölzernen schiebt man in besonderen Fällen Federn von starkem Zinkblech ein. Wo schmale und stets trockene Bretter oder Bohlen auf diese Weise zu verbinden sind, läfst man die Feder die Nuth vollkommen ausfüllen; wo aber ein Quellen des Holzes zu befürchten ist, macht man die Nuth so tief, dafs die Feder den nöthigen Spielraum hat. In demselben Falle macht man auch die Nuth so weit, dafs die Feder in derselben nicht fest steckt, sondern dafs sie beim Schwinden des Holzes der Bewegung desselben folgen kann. Dies gilt besonders für die Verbindung von starken Rahmhölzern mit

Fig. 376. Fig. 377. Fig. 378. Fig. 379.



schwachen Füllungen, damit die letzteren beim Schwinden nicht reifsen. Solche Rahmstücke und Füllungen werden theils ohne, theils mit Zwischenstück verbunden (Fig. 376 bis 379), welches entweder aufgelegt oder besser mittels Nuth und Feder eingeschaltet und mehr oder minder reich profilirt wird. Werden Füllungen mittels Nuth und Feder so in das Rahmstück eingesetzt, dafs sie vorspringen oder nicht, so erhält man bezw. die überschobenen (Fig. 376) und eingeschobenen (Fig. 377) Füllungen.

Fig. 380. Fig. 381.



180. Verzapfung.

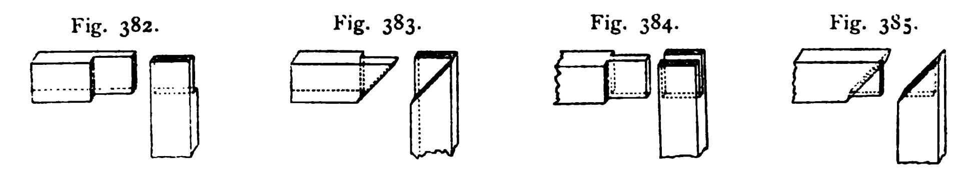
Die Verzapfung von Brettern und Bohlen wird selten durch angearbeitete, sondern meist durch cylindrische oder prismatische Zapfen aus härterem Holze bewirkt, welche vielfach durch Maschinen hergestellt und besonders eingesetzt werden (Fig. 380 u. 381).

2) Winkelverbände.

181. Methoden des Verbandes.

Sind Bohlen, welche in einer Ebene liegen, unter einem Winkel zu verbinden, so werden sie mittels Gehrung ohne oder mit eingelegter Feder, Verblattung ohne und mit Gehrung (Fig. 382 u. 383) und Verzapfung ohne oder mit Gehrung (Fig. 384 u. 385) zusammengesetzt.

Fig. 382. Fig. 383. Fig. 384. Fig. 385.



182. Gehrung.

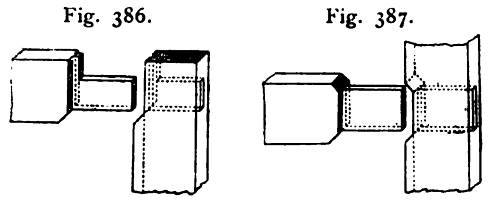
Die Gehrungsfuge mufs den Winkel, unter welchem die Verbandstücke zusammenstofsen, halbiren und erfordert eine besondere Befestigung, welche durch eine drei- oder viereckige eingelegte Feder aus härterem Holze mittels hölzerner oder eiserner Nägel bewirkt wird.

183. Verblattung.

Die Verblattung dient zum Winkelverbande schwächerer Bohlen. Die beiden Blattstücke werden in ihrer halben Stärke so ausgeschnitten, dafs äufserlich entweder eine Gehrungsfuge entsteht oder nicht. In beiden Fällen sind die Verbandstücke durch mindestens zwei Nägel zu befestigen.

184. Verzapfung.

Die Verzapfung wird zur Verbindung ftärkerer Bohlen unter einem Winkel angewendet und erfordert einen Eck- oder einen Mittelzapfen, je nachdem die Bohlen an beiden Enden zu verbinden find oder nicht (Fig. 386 u. 387). Soll der Eckverband äufserlich Gehrungsfugen zeigen, fo ift der Zapfen dreieckig herzuftellen (Fig. 385).


Fig. 386. Fig. 387.

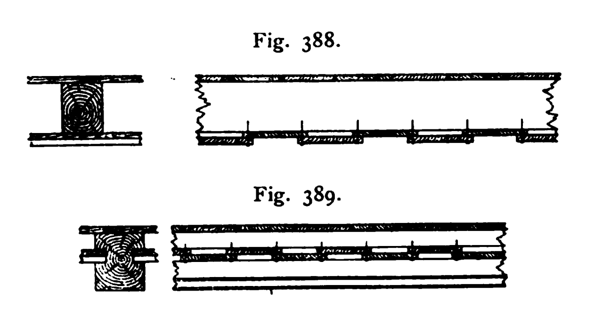
b) Verbände in zwei parallelen Ebenen.

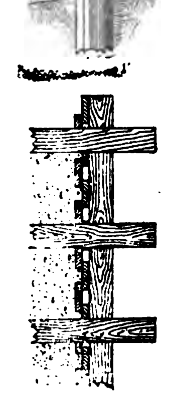
Wo eine einzige Bohlenlage die hinreichende Stärke nicht befitzt, wendet man zwei oder mehrere Lagen an, welche entweder mit parallelen, aber verfetzten Längsfugen oder, wo zugleich eine Drehung derfelben vermieden werden foll, mit fich kreuzenden Längsfugen entweder unmittelbar auf einander oder, behufs Herftellung eines Hohlraumes, in einem gewiffen Abftande mittels einzelner zwifchen fie eingefchalteten Bohlenftücke verbunden werden.

185. Parallele Längsfugen.

Bei ftarken Verbänden werden die Balken mit ihren Längsfugen dicht an einander und letztere fo gelegt, dafs fie in jeder Bohlenlage gegen einander um etwa eine halbe Bohlenbreite, alfo fo verfetzt find, dafs immer »voll auf Fuge« kommt.

Hierher gehören auch die beiden Bretterlagen von Parquetböden, wobei die untere Lage, der Blindboden, aus gewöhnlichen, unbehobelten und ungefäumten Brettern befteht, welche auf die Balken oder auf befondere Lagerhölzer normal zu denfelben gelagert werden, und die obere Lage meift aus quadratifchen Täfelchen befteht, welche mittels Nuth und eingelegter Feder aus hartem Holze an einander gefügt und auf die untere Bohlenlage mit in die Nuthen fchräg eingefetzten Nägeln oder beffer mit Schrauben befeftigt werden.


Fig. 388. Fig. 389.


Fig. 390.

Wo es fich um einen dichten Abfchlufs mittels nur gefäumter Bretter handelt, läfft man Zwifchenräume zwifchen den einzelnen Brettern beider Lagen, welche fchmaler als die Brettbreiten find, fo dafs die Bretter fich gegenfeitig überdecken und auf einander genagelt werden können. Diefe Verbindungsweife von Brettern und Bohlen befitzen die fog. Stülpdecken (Fig. 388 u. 389), welche man in Räumen anwendet, wo geputzte Decken wegen der darin entwickelten Feuchtigkeit und fchädlichen Ausdünftung (z. B. in Stallungen) Dauer nicht verfprechen, und die fog. Stülpwände (Fig. 390), welche man bei Herftellung von Fangdämmen, der Holzerfparnifs halber, anftatt dichter, doppelter Bohlenlagen ausführt.

186. Gekreuzte Längsfugen.

Wo die beiden Lagen von Balken oder Brettern ein möglichft unverfchiebliches Ganze bilden follen, werden diefelben unter verfchiedenen Winkeln, welche meift zwifchen 45 und 90 Grad fich bewegen, entweder direct oder indirect auf einander genagelt. Die ftärkften derartigen Verbindungen erfordern liegende Rofte, welche aus ftarken Bohlen herzuftellen find und fich weder verfchieben, noch durchbiegen

dürfen. Um einen Verſchnitt an den Enden zu vermeiden, kreuzt man dieſelben unter einem Winkel von 90 Grad (Fig. 391) und nagelt ſie an mehreren Stellen.

Hierher gehören ferner diejenigen Parquetböden, bei welchen der Blindboden aus normal zu den Balken oder Lagerhölzern auf dieſelben genagelten Brettern beſteht, während die Täfelchen des oberen Belages ſo verlegt werden, daſs ihre Fugen diejenigen der Bretter unter einem gleichen oder unter verſchiedenen Winkeln kreuzen (Fig. 392).

Fig. 391.

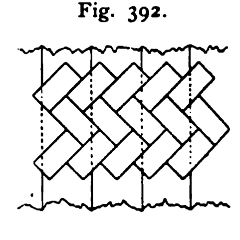


Fig. 392.

Zweier Lagen gekreuzter Bohlen bedient man ſich ferner zur Herſtellung leichter Wände, wobei man die eine Lage aus lothrechten, die andere Lage aus meiſt unbehobelten, gegen die Mitte der Wand geneigten Brettern herſtellt, welche man an die erſteren nagelt (Fig. 392). Die geneigten Bretter bilden mit jenen lothrechten zuſammen eine Art Hängewerk, wodurch ſich dieſe ſog. geſprengten Bretterwände frei tragen. Um ſolche Wände zu ſchlechteren Leitern der Wärme

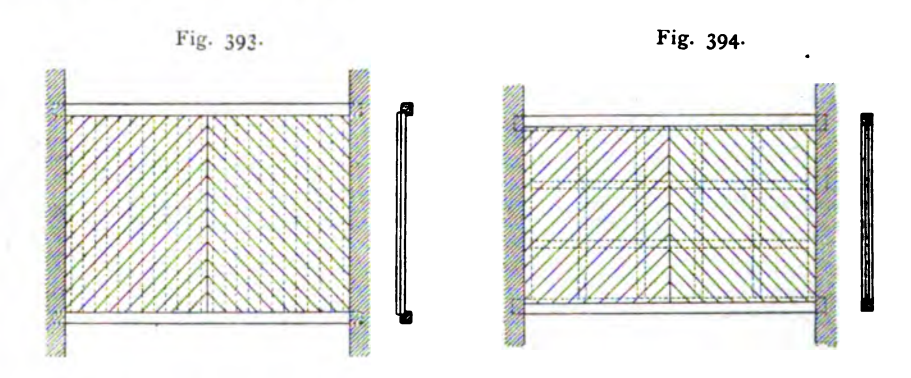


Fig. 393. Fig. 394.

und des Schalles zu machen, ſchaltet man zwiſchen die beiden Bretterlagen ein aus Bohlen hergeſtelltes Riegelgerüſt ein (Fig. 394), an welches die gegen die Mitte der Wand geneigten Bretter genagelt werden.

c) Verbände in zwei zu einander geneigten Ebenen.

187. Verzinkung.

Der einfachſte Verband zweier unter einem Winkel ſich treffenden Bohlen bildet die gerade oder ſchräge Fuge, welche beide indeſs eine Befeſtigung durch Leim, durch Nagelung oder durch beides erfordern. Einen beſſeren Verband liefert die Verzinkung, bei welcher die einzelnen Zinken entweder durch die ganze Dicke der Bretter hindurchreichen (Fig. 395), oder, um das Hirnholz der Zinken an einer Seite zu verdecken, eine Länge von nur $^2/_3$ oder $^3/_4$ der Brettſtärke erhalten (Fig. 396), wodurch die verdeckte Verzinkung entſteht. Um die Verzinkung an beiden Seiten zu verdecken, wie dies bei allen feineren Arbeiten erforderlich iſt, wendet man die

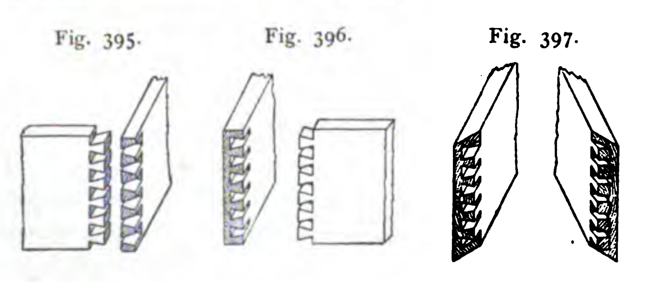


Fig. 395. Fig. 396. Fig. 397.

Verzinkung auf Gehrung (Fig. 397) an, obwohl die Bearbeitung derfelben fchwieriger ift und mehr Zeit erfordert. Um die Verzinkung zur Befeftigung der unter einem Winkel zu verbindenden Bohlen noch wirkfamer zu machen, werden diefelben überdies verleimt.

188. Verband mittels Eifen.

Einen wirkfameren Winkelverband von Bohlen erreicht man indefs durch zwei oder mehrere eiferne Winkelbänder, deren beide Schenkel man auf die zu verbindenden Bretter auflegt oder in diefelben einläfft und dann durch Nägel oder beffer durch Schrauben mit ihnen verbindet. Der folidefte Winkelverband von Bohlen wird durch ein aufgelegtes oder eingelaffenes Winkeleifen von der Länge der zu verbindenden Bretter hergeftellt, welche man in derfelben Weife befeftigt.

Literatur.

Bücher über »Conftructions-Elemente in Holz«, fo wie über »Zimmerwerkskunde« und »Baufchreinerei«.

JOUSSE, M. *Le théatre de l'art de la charpenterie, enrichi de diverfes figures avec l'interprétation d'icelles. La Fleche 1664.*

SCHÜBLER, J. J. Nützliche Anweifung zur unentbehrlichen Zimmermanns-Kunft. Nebft italiänifchen, franzöfifchen und teutfchen Heng- und Sprengwerken. Nürnberg 1731.

SCHÜBLER, J. J. *Sciagraphica artis lignariae,* od. nutzliche Eröffnung zu der fichern fundamentalen Holtz-Verbindung, bey dem Gebrauch der unentbehrlichen Zimmermanns-Kunft. Nürnberg 1736.

REUSS. Anweifung zur Zimmermannskunft. Leipzig 1764. (3. Aufl. 1789.)

KRAFFT, J. CH. *Plans, coupes et élévations de diverfes productions de l'art de la charpente.* Paris 1805.

HOFFMANN, J. G. Hauszimmerkunft. Königsberg 1819.

TREDGOLD, T. *Elementary principles of carpentry.* London 1820. (6. Aufl. von E. W. TARN. 1885.)

NOSBAN, L. Vollkommenes Handbuch für Möbel- und Gebäudefchreiner etc. Ulm 1829.

MATTHAEY, C. Theoretifch-praktifches Handbuch für Zimmerleute etc. Weimar 1829—40. (2. Aufl. 1845.)

ROMBERG, A. Die Zimmerwerks-Kunft. München 1831—33. (3. Aufl. 1850.)

HÖRNIG, G. S. Grundfätze und Erfahrungen in Betreff der verfchiedenen Zimmerarbeiten bei dem Land- und Wafferbau. Dresden und Leipzig 1834. (4. Aufl. von R. HEYN. Leipzig 1875.)

EMY, A. R. *Traité de l'art de la charpenterie.* Paris 1837—41. (Neue Aufl. 1878.) — Deutfch von L. HOFFMANN. Leipzig 1847—49. (Neue Ausg. 1860.)

HAMPEL, J. C. G. Lehrbuch der höheren Zimmerkunft. Leipzig 1839.

COULON, A. G. *Menuiferie defcriptive etc.* Paris 1844. (Neue Aufl. 1869.)

ADHÉMAR, A. J. *Traité de charpente.* Paris 1849. (4. Aufl. 1872.)

De la charpente. Bruxelles 1852.

GRELLMANN, C. T. Lehrbuch der praktifchen Zimmerkunft. Leipzig 1858.

MÜLLER, H. Die Hauszimmerkunft. Leipzig 1858.

FINK, F. Die Schule des Bautifchlers. Leipzig 1858. (3. Aufl.: Der Bautifchler oder Baufchreiner und der Fein-Zimmermann. 1877.)

GEIER, F. Statiftifche Ueberficht der Holzverbindungen von Mittel- und Süddeutfchland. Mainz 1859.

HARRES, B. Die Schule des Zimmermanns. Leipzig 1860—62. (I. Theil: Die Hochbauten. 6. Aufl. 1878.)

CABANIÉ, B. *Charpente générale théoretique et pratique.* Paris 1864.

PROMNITZ, J. Der praktifche Zimmermann. Halle 1868—69. (2. Aufl. von G. WANDERLEY. 1874.)

MÖLLINGER, C. Baukonftruktions-Vorlagen der Baugewerkfchule zu Höxter. Zimmerkonftruktionen. 1. u. 2. Heft. Halle 1869.

FRANKE. G. Der practifche Bautifchler. Halle 1870.

WOLFRAM, L. F. Darftellung der Zimmer-Bauwerke von den einfachften Holzverbindungen bis zu grofsen zufammengefetzten Dächern, Treppen, Brücken, Mafchinen etc. Stuttgart 1872.

BROUSSE, P. *Enfeignement fur l'art de la charpenterie.* Bordeaux 1873.

DELATAILLE, E. *Art du trait pratique de charpente. Continuation des ouvrages commencés par F. Larrouil. 2me partie. Traité du bois droit par rembarrements à la fauterelle et par alignements.* Tours 1880.

Deutſche bautechniſche Taſchenbibliothek. Heft 69, 70 u. 73: Der Zimmermeiſter und Bau-Unternehmer. Von G. ADLER. Leipzig 1881. — Heft 55 u. 56: Die Bautiſchlerei. Von C. A. ROMSTORFER. 1880—81.

PROMNITZ, J. Der Holzbau. Leipzig 1881.

SCHRÖDER, CH. Die Schule des Tiſchlers etc. Weimar 1885.

KRETSCHMER, K. Die Holzverbindungen. Wien 1885.

Ferner:

Zeitſchrift der Zimmerkunſt. Red. v. W. SCHÖNSTEIN. Leipzig. Erſcheint ſeit 1883.

Deutſche Tiſchler-Zeitung. Herausg. v. F. A. GÜNTHER. Berlin. Erſcheint ſeit 1874.

Journal de menuiſerie. Erſcheint ſeit 1863.

Illuſtrirte Schreiner-Zeitung. Herausg. von F. LUTHMER. Stuttgart. Erſcheint ſeit 1883.

3. Abſchnitt.

Conſtructions-Elemente in Eiſen.

Von G. BARKHAUSEN.

1. Kapitel.

Verbindung von Eiſentheilen.

Eiſerne Conſtructionstheile werden in ſehr verſchiedener Weiſe mit einander verbunden. Das Zuſammenſchweiſsen von Eiſen und Stahl kommt an dieſer Stelle nicht in Frage; hauptſächlich werden es die Verbindungen mittels Niete, mittels Schrauben, mittels Bolzen, mittels Keile und Splinte ſein, deren Betrachtung die Hauptaufgabe des vorliegenden Kapitels iſt.

a) Niete und Nietverbindungen.

1) Niete und Nietlöcher.

189.
Warme Nietung.

Niete dienen zur mechaniſchen Verbindung von Eiſentheilen, wie auch einiger anderen Metalle; doch kommt die Vernietung nirgends in ſo ausgedehntem Maſse in Anwendung, wie beim Eiſen. Die Grundſätze der Vernietung ſind hier verſchieden, je nachdem dieſe in erſter Linie beſtimmt iſt, Kräfte zu übertragen oder die Fuge der vernieteten Theile ſo zu ſchlieſsen, daſs Flüſſigkeiten oder Gaſe ſelbſt unter Druck ſtehend nicht durchdringen können. Man unterſcheidet daher Kraftnietungen und Nietungen auf Dichtigkeit.

Die Vernietung beſteht darin, daſs in je zwei einander in jeder Beziehung genau entſprechende, kreisrunde Löcher der beiden zu vernietenden Theile ein den Lochdurchmeſſer an Stärke nicht ganz erreichender, weiſsglühender Bolzen eingeſteckt wird, deſſen hinteres Ende einen ringförmig vorſtehenden Kopf, den ſog. Setzkopf, trägt; dieſer legt, mit leichtem Hammerſchlage angetrieben, die Stellung des Nietbolzens im Loche feſt. Am anderen Ende ſteht der Bolzen ſo weit aus dem Loche hervor, daſs durch Umſchmieden mittels Zuſchlag- und Geſenkhammer (Schellhammer) ein ähnlicher Kopf, wie der oben erwähnte, der ſog. Schlieſskopf, nachträglich aus dem weiſsglühenden Bolzen hergeſtellt werden kann; die Länge des Bolzens muſs von vornherein auf die Dicke aller auf einander zu nietenden Theile und auf die richtige Ausbildung des Schlieſskopfes bemeſſen ſein.

Zu kurze Niete geben unvollkommene Köpfe; bei zu langen vermag der Geſenkhammer das überſchüſſige Material nicht zu faſſen; daſſelbe quillt ſeitlich hervor, und die ſo entſtehende unregelmäſsige Kopfform verkürzt die verlangte Tragfähigkeit nicht, wenn das Antreiben recht ſcharf erfolgt.

Die Köpfe brauchen nicht mittels Gefenkhammer vor den Flächen der vernieteten Theile vorfpringend ausgebildet zu werden; man kann vielmehr den cylindrifchen Löchern an einem oder an beiden Enden Ausweitungen nach Geftalt eines abgeftumpften Kegels, mit der gröfseren Endfläche in der Aufsenfläche der zu nietenden Theile, geben und den Bolzen fo lang machen, dafs er, mit Zufchlaghämmern niedergefchmiedet, die Ausweitung gerade ausfüllt; auf folche Weife entftehen die verfenkten Niete (fiehe Fig. 405).

Nach Ausbildung des Schliefskopfes ift ein Bewegen des Bolzens nach keiner Seite mehr möglich; er füllt durch die Anftauchung beim Ausbilden des Schliefskopfes das Loch aus, legt fich auch mit den Ringflächen der Köpfe fo eng an die Flächen der genieteten Theile an, dafs man felbft mit fcharfen Inftrumenten nicht in die Fuge unter dem Kopfe eindringen kann. Da diefer Zuftand hergeftellt wird, während der Niet noch heifs ift, diefer fich aber bei weiterer Erkältung noch zufammenzieht, d. h. verkürzt, fo werden die zu vernietenden Theile beim Erkalten immer fefter auf einander gepreſst, und es entfteht eine Reibung zwifchen ihnen, welche in vielen Fällen allein genügt, um ein Auseinanderziehen der vernieteten Theile durch die wirkenden Kräfte zu verhindern.

Da zum Ausbilden des Schliefskopfes fchwere Hammerfchläge erforderlich find, fo ift Vernietung bei folchen Materialien ausgefchloffen, welche Hammerfchläge nicht ertragen; dahin gehört z. B. Gufseifen. Es befchränkt fich alfo die Möglichkeit der Nietung von Eifentheilen auf Schmiedeeifen und Flufseifen (Stahl). Eben fo ift felbftverftändlich warme Nietung bei allen Materialen ausgefchloffen, welche bei Berührung mit weifsglühendem Eifen verbrennen, fchmelzen oder fonft zerftört werden.

190. Kalte Nietung.

Nicht alle Eifennietungen werden mit glühenden Nieten ausgeführt. Sinkt der Nietdurchmeffer unter 6 bis 7 mm, fo werden die dünnen Schäfte durch Weifsglühhitze zu ftark angegriffen, oft völlig verbrannt. Bei Verwendung folcher Mafse ftellt man die Niete aus weichem Eifen her und fchmiedet den Schliefskopf mit oder ohne Schellhammer kalt. Solche Nietungen find wegen mangelhafter Ausfüllung des Loches erheblich weniger tragfähig und dicht.

191. Nietloch.

Die Nietlöcher follen der Regel nach genau kreisrund und völlig cylindrifch fein; auch follen die zufammengehörenden Löcher in den zu verbindenden Theilen ohne Abweichung über einander liegen. Geringe Ungenauigkeiten in letzterer Beziehung follen durch Ausreiben mit der Reibahle, nicht durch das fo beliebte Auftreiben mittels conifchen Stahldornes befeitigt werden. Das Herftellen der Nietlöcher oder das fog. Lochen erfolgt mittels Durchftofsmafchinen oder durch Bohren.

Das Ausftofsen oder Punzen der Nietlöcher ift zwar fehr bequem und an Zeit- und Geldverbrauch fparfam, ruft aber anderweitige Mifsftände hervor, welche eine wirklich gute Vernietung fehr erfchweren.

Zunächft wird das Material in der Umgebung des Loches durch die grofsen Scherfpannungen, welche am Lochrande felbft bis zur Zerftörung fteigen müffen, leicht verdrückt und jedenfalls in der Tragfähigkeit wefentlich beeinträchtigt; fchmale Eifentheile werden beim Lochen nach Länge und Breite aus einander gedrückt, fo dafs der Rand wellenförmig und die richtig hergeftellte Niettheilung zu weit wird. Es ift daher ganz unzuläffig, fchmale fchwache Eifen (Bandeifen, Winkeleifen, fchwache [-Eifen etc.) zu lochen; fie müffen die Löcher auf andere Weife erhalten. Das Lochen ift auf ftarke Eifenforten (grofse Bleche, Stege ftarker I-Träger etc.) zu befchränken.

Sodann mufs, damit der Dorn fich nicht in die Matrize klemmt, letztere etwas zu weit fein; dadurch bekommen die Löcher eine merklich conifche Form (Anzug 1 : 8), welche nach Zufammenlegung der Theile beim Ausbilden der Niete plötzliche und daher fchädliche Aenderungen des Schaftdurchmeffers ergiebt.

Beim Austreten aus dem Loche läfft der ausgeftofsene Kern auf der Unterfeite am Rande des Loches einen vorfpringenden fcharfen Grat ftehen, während oben der Rand etwas eingedrückt wird; werden diefe Unebenheiten, namentlich der Grat am unteren Rande, nicht forgfältig befeitigt, fo find fie der guten Ausbildung der Nietköpfe und dem dichten Schluffe der Fuge hinderlich.

Bei dem fchnellen Fortfchritte der Locharbeit ift es fchwierig, die fchweren Theile ftets in die

genau richtige Lage zu bringen; es kommen daher häufig kleine Fehler in der Lochſtellung vor, welche gutes Paſſen der Löcher und dichten Schluſs der Fuge zwiſchen den zu verbindenden Theilen ausſchlieſsen.

Dieſe Miſsſtände, welche theils ſchwer, theils gar nicht zu beſeitigen ſind, laſſen es angezeigt erſcheinen, wenigſtens bei hohen Anſprüchen an die Güte der Arbeit die zeitraubendere und theuerere Art der Herſtellung der Löcher durch Bohren vorzuziehen.

Die Löcher werden mit Vertical-Bohrmaſchinen erzielt, deren Bohrer gebrochene Schneiden mit dem tiefſten Punkte in der Mitte und einer Geſammtbreite gleich dem Lochdurchmeſſer haben. Es iſt leicht, dieſen Bohrer mit der Spitze genau in die vorgezeichnete Lochtheilung zu ſetzen; er ſchneidet dann eine kegelförmige Vertiefung, welche ſo lange erweitert wird, bis der volle Lochdurchmeſſer hergeſtellt iſt, ohne daſs dabei das umgebende Material erheblich in Mitleidenſchaft gezogen würde. Die oben gerügten Miſsſtände fallen dabei fort; zwar erzeugt ſich auf der Unterſeite auch ein leichter Grat; doch iſt dieſer geringfügig und leicht zu beſeitigen.

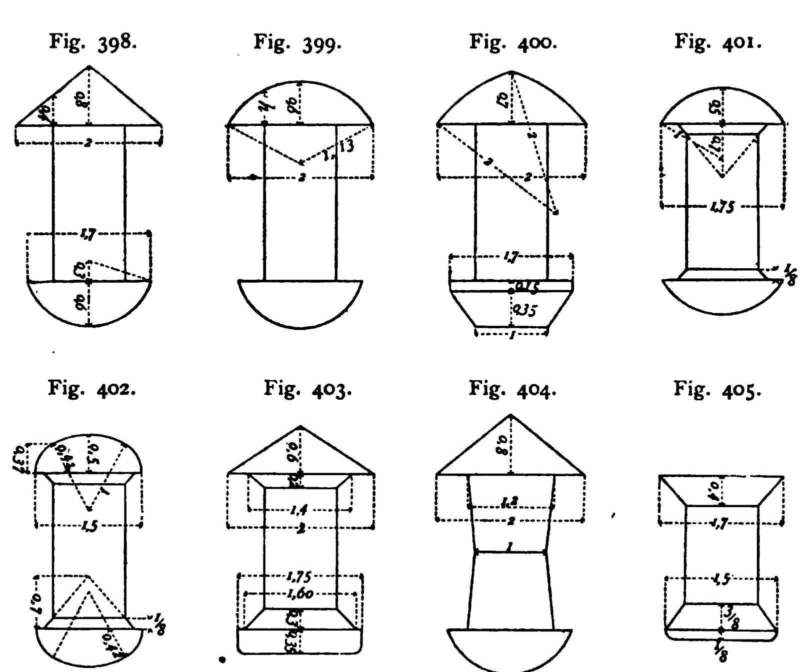
192.
Nietſchaft.

Der mit dem Setzkopf verſehene Schaft oder Bolzen des Nietes zeigt nur dicht an dieſem Kopfe den vorgeſchriebenen Durchmeſſer; im Uebrigen iſt er etwas coniſch geſtaltet, damit er ohne Widerſtand in das Nietloch getrieben werden kann.

193.
Nietkopf.

Die Nietköpfe haben verſchiedene Form erhalten; gebräuchliche Formen derſelben zeigen Fig. 398 bis 405. Die urſprünglich vorhandenen Setzköpfe haben ſehr häufig eine andere Form, als die mit dem Schellhammer herzuſtellenden Schlieſsköpfe.

Niete für gebrochene Lochkanten zeigen Fig. 401 u. 402; Fig. 403 iſt ein halb verſenkter Niet; Fig. 405 zeigt zwei Formen verſenkter Niete, die jedoch an beiden Enden deſſelben Nietes gleichzeitig ſelten ausgeführt werden. Beſonders gebräuchlich für ſtarke Nietungen iſt die Form in Fig. 402, da ſie bei ſchmalem Nietkopfe doch eine groſse Cylinderfläche in der Verlängerung des Schaftumfanges giebt, deren Abſcherungsfeſtigkeit dem Streben des Nietes beim Erkalten, ſich zuſammenzuziehen, widerſtehen muſs. Da die Zuſammenziehung aber zugleich den Schaft abzureiſsen ſtrebt, ſo wird ein gut geformter Niet in der cylindriſchen Abſcherungsfläche eben ſolche Sicherheit haben müſſen, wie im Schaftquerſchnitt.


Fig. 398. Fig. 399. Fig. 400. Fig. 401.
Fig. 402. Fig. 403. Fig. 404. Fig. 405.

Wird die zuläſſige Scherſpannung in dem vielfach umgearbeiteten Kopfe gleich $\frac{2}{3}$ der Zug-

ſpannung im Schafte geſetzt, und iſt h' (Fig. 399) die Höhe des abzuſcherenden Cylinders, ſo muſs ſtattfinden

$$h\, d\, \pi \frac{2}{3}\, s' = \frac{d^2 \pi}{4}\, s',$$

woraus als kleinſter Werth

$$h = 0{,}375\, d$$

folgt. Im feſteren Setzkopfe kann die Höhe etwas geringer ſein. Die Abbildungen zeigen, wenn man die Verſenkungen mit berückſichtigt, ſämmtlich gröſsere Kopfhöhen; offenbar ſind aber dreieckige Köpfe ungünſtiger, als runde.

194. Beanſpruchung des Nietſchaftes.

Die Beanſpruchung des Schaftes in Folge Verhinderung des Zuſammenziehens beim Erkalten hängt von der Temperaturdifferenz zwiſchen Niet und Umgebung in dem Augenblicke ab, wo der Kopf weit genug ausgebildet iſt, um die Bewegung des Nietes zu verhindern. Die Spannung im Schafte entſpricht übrigens nicht der ganzen angeſtrebten Zuſammenziehung; vielmehr drücken ſich die genieteten Theile unter dem Drucke des Kopfes in ſich zuſammen; namentlich werden auch die Fugen zwiſchen den Blechen geſchloſſen. Der Niet wird ſich alſo bei der Abkühlung um ſo mehr wirklich verkürzen, je mehr ſchwache Bleche er faſſt; ſeine Spannung wird hoch, wenn er nur wenige ſtarke, dem Schluſſe der Fuge groſsen Widerſtand entgegenſetzende Bleche verbindet.

Für die meiſten Fälle iſt die Annahme nicht zu günſtig, daſs die Hälfte der angeſtrebten Zuſammenziehung in Folge Nachgebens der Bleche wirklich eintritt.

Iſt t (in Graden) der Wärmeunterſchied zwiſchen Niet und Blech im gedachten Augenblicke und $\frac{l}{81\,200}$ die Längenänderung eines Eiſenſtabes von der Länge l für 1 Grad Temperaturunterſchied, iſt ferner $E = 2\,000\,000$ kg pro 1 qcm der Elaſticitäts-Modul des Eiſens; ſo iſt die ſchlieſsliche Reckung des Nietes, welcher die Schaftlänge l hat, $\frac{1}{2} \cdot \frac{t\, l}{81\,200}$, und daraus entſteht eine Zugſpannung σ, welche aus $\sigma : E = \frac{1}{2} \cdot \frac{t\, l}{81\,200} : l$ mit $\sigma = \frac{1}{2}\, \frac{t\, E}{81\,200}$ folgt. Soll alſo der Niet unter dieſen Verhältniſſen nur bis zur Elaſticitäts-Grenze (für Nieteiſen etwa 1600 kg pro 1 qcm) beanſprucht werden, ſo darf die Temperaturdifferenz nur betragen

$$t = \frac{1600 \cdot 2 \cdot 81\,200}{2\,000\,000} = 130 \text{ Grad.}$$

Da jedoch der Niet mit etwa 1000 bis 1100 Grad (helle Rothgluth) eingebracht wird, die Umgebung ſich aber wegen der guten Wärmeleitung ſelten bis zu dunkler Gluth erwärmt, ſo wird bei ſchnell, d. h. gut hergeſtelltem Schlieſskopfe die Elaſticitäts-Grenze meiſt überſchritten werden. Der Wärmeunterſchied, bei welchem Bruch eintritt (Bruchgrenze höchſtens 4000 kg pro 1 qcm) iſt $t = \frac{4000 \cdot 2 \cdot 81\,200}{2\,000\,000} = 325$ Grad. Da dieſe Gefahr namentlich bei ſtarken Blechen auftritt, ſo empfiehlt es ſich, dort die Löcher durch Einſtecken glühender Dorne vorzuwärmen, auch dem Niete nur eben die Temperatur zu geben, welche für ſichere Herſtellung des Kopfes und volle Einſtauchung des Schaftes in das Loch unerläſslich iſt.

195. Ausfüllung des Nietloches.

Die Ausfüllung des Nietloches iſt ſowohl bei Dichtigkeits-, wie Kraftnietungen wichtig: bei erſteren, um keine offenen Fugen zu bieten; bei letzteren, um Verſchiebungen der Theile gegen einander zu vermeiden. Hier treten aber ähnliche Verhältniſſe auf, wie für die Schaftlänge. Das Loch kann ſich wegen des Widerſtandes des Bleches bei der Erwärmung nicht frei ausweiten, während der heiſse Schaft genau den Durchmeſſer des Loches annimmt; der warme Niet muſs ſich mehr zuſammenziehen, als ſich das Loch im kälteren Bleche verengt; folglich muſs eine geringe Fugenöffnung entſtehen, welche nach gemachten Verſuchen in manchen Fällen allerdings unnachweisbar gering iſt, in anderen aber bei guter Ausführung bis zu 2 Procent [78]), bei mangelhafter Ausführung bis zu 5 Procent [79]) ſteigt.

[78]) Siehe: *Railroad gazette* 1884, S. 662.

[79]) Siehe: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1862, S. 308.

In Fällen, wo man der Ausfüllung abfolut ficher fein mufs, hat man daher die Löcher leicht conifch ausgerieben, die Nietfchäfte nach demfelben Conus abgedreht und dann den Niet kalt eingezogen. Dafs dabei der Schliefskopf fchlechter ausfällt, ift wegen der fehlenden Längsfpannung im Schafte ungefährlich.

Uebrigens hört die Möglichkeit des vollen Einftauchens auch warmer Niete in das Loch erfahrungsmäfsig auf, wenn die Schaftlänge das Vierfache des Durchmeffers überfteigt.

Sehr vortheilhaft für gute Ausführung der Niete ift die Brechung der Kanten des Loches nach Fig. 401 bis 403, da der fchroffe Uebergang aus dem breiten Kopfe in den dünnen Schaft, welcher bei langen Nieten oft ein Abreifsen des Kopfes verurfacht, dadurch gemildert wird und zugleich der Abfcherungscylinder im Kopfe an Höhe bedeutend gewinnt. Für fchwere Niete follten diefe Formen ausfchliefslich gewählt werden.

196. Fertige Niete.

Ein gut ausgeführter Niet, bei welchem der Schaft das Loch voll ausfüllt und die Köpfe feft auffitzen, ift daran zu erkennen, dafs ein elaftifch geführter Hammer bei leichtem Schlage auf den Nietkopf zurückfchnellt, wie vom Ambofs; giebt der Schlag einen klappernden Ton und fpringt der Hammer nicht ab, fo ift der Niet im Loche beweglich und in irgend einer Beziehung mangelhaft gebildet. Solche Niete follen durch Abfprengen eines Kopfes mittels Hammer und Stahlmeifsel befeitigt und durch neue erfetzt werden.

Am meiften wird Handnietung angewendet; doch kommt auch, bei ausgedehnten Nietarbeiten an gleichartigen fchweren Stücken, Mafchinennietung in Anwendung. Ueber die Güte der letzteren find die Anfichten fehr getheilt; Viele behaupten, dafs das fchnelle Quetfchen der Niete weniger gute Füllung der Löcher bewirke, als das langfame Stauchen mit der Hand.

Materialverbrauch und Gewicht der Niete werden nach den Tabellen für Rundeifen ermittelt, indem man der Schaftlänge zwifchen den Köpfen die Länge von zwei Schaftdurchmeffern für jeden Kopf hinzurechnet.

2) Anordnung der Vernietungen.

197. Gefichtspunkte.

Bei der Anordnung und Berechnung von Nietungen kommen die folgenden wefentlichen Punkte in Betracht:

α) die Stärke und Länge der Nietbolzen;

β) die Feftigkeit der vernieteten Theile an der durch die Nietlöcher gefchwächten Stelle;

γ) die Feftigkeit derfelben zwifchen den letzten Nieten und dem Blechrande;

δ) die Reibung zwifchen den verbundenen Theilen;

ε) die Feftigkeit des Nietbolzens, und

ζ) der Druck zwifchen dem Umfange des Nietbolzens und der Wandung des Nietloches.

198. Stärke des Nietbolzens.

α) Die Stärke des Bolzens hängt in erfter Linie von der Stärke der zu vernietenden Bleche ab. Macht man die Niete zu dünn, fo können fie die Bleche nicht genügend auf einander preffen; find fie zu ftark, fo üben fie in Folge ihrer Längsfpannung zerftörende Drücke auf die Bleche aus. Ift d der Nietdurchmeffer, δ die Stärke eines Bleches, fo foll $\frac{d}{\delta}$ zwifchen 1,75 und 2,50 liegen, gewöhnlich 2 betragen. Nach *Winkler* foll der Durchmeffer für Träger von l (Meter) Länge

$$d = (2 + 0{,}005\ l) \text{ Centim.}$$

betragen.

Die für Bau-Conftructionen verwendeten Nietforten befchränken fich gegenwärtig auf Durchmeffer von 0,7, 1,2, 1,5, 2,0 und 2,5 cm.

199. Länge des Nietbolzens.

Die Länge der Bolzen beftimmt fich aus der Dicke und Zahl der zu verbindenden Theile; jedoch find die Vernietungen nach dem früher Gefagten fo anzuordnen, dafs die Schaftlänge das 4-fache des Durchmeffers nicht überfchreitet. Ift eine gröfsere Länge nicht zu umgehen, fo müffen die in Art. 194 u. 195 (S. 136) erwähnten Vorfichtsmafsregeln getroffen werden.

200. Feftigkeit der vernieteten Theile.

β) Die Feftigkeit des durch die Nietlöcher gefchwächten Querfchnittes der verbundenen Theile mufs fchon bei der Feftfetzung der Abmeffungen der letzteren im Auge behalten werden; denn würden fie genau den wirkfamen Kräften entfprechend bemeffen, fo würde die Schwächung der Nietlöcher Ueberanftrengungen hervorrufen. Streng genommen mufs der Querfchnitt eines Conftructionsgliedes um fo viele Nietlochquerfchnitte zu grofs gemacht werden, wie in den Verbindungs- oder Anfchlufsftellen Niete in einen Querfchnitt neben einander zu ftehen kommen.

Bei grofse Kräfte übertragenden, dicken Gliedern wird fich der Regel nach aus diefem Gefetze eine ganz unverhältnifsmäfsige Verftärkung ergeben, wenn man verfucht, die erforderlichen Niete fämmtlich neben einander zu fetzen, eine Anordnung, welche die gleichmäfsige Beanfpruchung aller Niete zunächft zweckmäfsig erfcheinen läfft. Man giebt daher letzteren Vortheil meiftens auf — in vielen Fällen (in fchmalen Bandeifen-, Winkeleifenfchenkeln etc.) ift diefe Stellung auch unmöglich — und ftellt die Niete in n_1 Reihen hinter einander, fo dafs für eine Reihe bei n Nieten überhaupt nur $\frac{n}{n_1}$ Nietlöcher für einen Querfchnitt in Abzug kommen.

Thatfächlich geht man in der Verftärkung noch weiter herunter. Bei gedrückten Theilen nimmt man gewöhnlich an, dafs die Schäfte die Löcher vollkommen ausfüllen, fomit durch die Niete eben fo gut Druck übertragen wird, wie durch das Material felbft, und giebt daher gedrückten Theilen meift gar keine Verftärkung. Dies ift um fo mehr zuläffig, weil gedrückte Theile gewöhnlich erhebliche Querfchnittsvergröfserungen zur Verfteifung gegen Zerknicken erhalten, welche in den Anfchlüffen oder in Stöfsen in der Nähe derfelben, wo diefe Gefahr befeitigt oder vermindert ift, die Schwächung durch Nietlöcher ausgleichen.

In gezogenen Theilen von Bandform befchränkt man, wenn die Form der Theile dies erlaubt, die Nietzahl der erften Reihe auf 1, die der zweiten auf 2 und fo fteigend bis zur Mittelreihe und wieder auf 1 abnehmend, bis zur letzten Reihe. Dabei verftärkt man das Band nur um einen Nietlochquerfchnitt, indem man annimmt, dafs der erfte Niet $\frac{1}{n}$ der ganzen Spannkraft an den aufnehmenden Theil abgiebt, man fomit in der zweiten Reihe nur noch $\frac{n-1}{n}$ zu übertragen hat, was durch den erft um 1 Loch verftärkten, dann um 2 Löcher verfchwächten Querfchnitt regelrecht gefchieht. Obwohl das wirkliche Eintreten diefer Vertheilung der Kraftübertragung auf die einzelnen Niete durch die Verfchiedenheit der elaftifchen Reckung zwifchen der erften und zweiten Reihe im abgebenden und aufnehmenden Theile ausgefchloffen ift, fo haben in der Ausführung doch nach diefer Idee entwickelte Nietftellungen trotz der geringen Querfchnittsverftärkung durchaus befriedigende Ergebniffe erzielt und werden allgemein angewendet.

Die für Bandeifen-Vernietung aufgeftellten Regeln lauten: die Niete follen gleichmäfsig zu beiden Seiten der Bandaxe gruppirt fein und in Reihen winkelrecht zu diefer ftehen, deren erfte und letzte je einen Niet enthalten, während die folgenden thunlichft eine um je einen Niet erhöhte Nietzahl enthalten.

Bei der Verbindung breiter gezogenen Bleche kann man derartige Stellungen

nicht verwenden; man ordnet hier fo viele gleiche Nietreihen hinter einander an, dafs das Material zwifchen den Nietlöchern nicht über beftimmte Grenzen hinaus in Anfpruch genommen wird. Es foll in jeder Reihe das Material zwifchen den Nietlöchern denfelben Sicherheitsgrad befitzen, wie die Niete derfelben Reihe.

In allen diefen Fällen fetzt man die Niete der einen Reihe hinter die Mitten der Nietabftände (Theilungen) der anderen.

Beim Anfchluffe oder beim Stofse zufammengefetzter Querfchnitte haben die einzelnen Theile (z. B. Winkeleifen, kleine **[**-Eifen, **T**-Eifen etc.) in der Regel zu geringe Breite, um mehrere Niete neben einander aufnehmen zu können; die jedem Theile zukommenden Niete müffen daher alle hinter einander gefetzt werden, und man hat jeden folchen Querfchnittstheil um ein Nietloch zu ftark auszubilden.

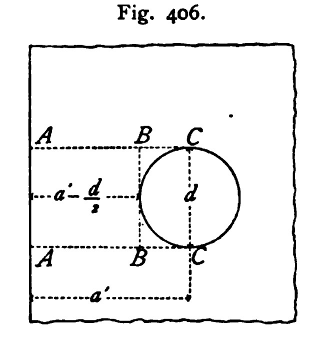
Der Abftand der Mitte des äufserften Nietes einer Querreihe vom Seiten- (oder unbelafteten) Rande des Bleches foll nicht kleiner fein als $1{,}5\ d$, da fonft der dünne, aufserhalb des Loches ftehen bleibende Materialftreifen beim Herftellen des Loches zu leicht zerftört wird.

Es mag hier darauf hingewiefen werden, dafs die vielfachen angedeuteten Unklarheiten über Vertheilung der Spannkräfte auf gröfsere Nietzahlen und die nothwendige Verftärkung genieteter Glieder ihren zu erwartenden übeln Einflufs auf die Güte der Verbindung durch den Umftand verlieren, dafs bei den Berechnungen von Nietungen die fpäter zu erörternde Reibung der verbundenen Theile auf einander und an den Ringflächen der Nietköpfe faft ftets vernachläffigt wird, daher eine Sicherung der Verbindungen abgiebt.

201.
Feftigkeit am hinteren Rande der Bleche.

γ) Die Feftigkeit des Materiales zwifchen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belafteten) Rande der Bleche ift thatfächlich von einer Beanfpruchung abhängig, ähnlich der im hinteren Schlufse eines Bolzenauges. Eine rechnerifche Stärkenbeftimmung auf diefer Grundlage führt aber zu fehr unficheren Ergebniffen; man bemifft die Randbreite gewöhnlich fo, dafs ein Abfcheren in den in Fig. 406 punktirten Ebenen mit eben fo grofser Sicherheit vermieden wird, wie eine Zerftörung eines anderen Theiles der Verbindung. Diefe Rückficht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufftellung bilden. Die Streifen $B\ C$ diefer Fugen werden dabei meift nicht in Rechnung geftellt, weil das zwifchen ihnen und dem Loche befindliche Material in Folge des Druckes zwifchen Lochwand und Nietfchaft fchon befonders ftark in Anfpruch genommen ift.

Fig. 406.



202.
Reibung zwifchen den Blechen.

δ) Die Reibung zwifchen den Blechen unter einander und an den Kopfflächen entfteht nach der Herftellungsweife des Nietes aus dem Drucke, welchen die Köpfe in Folge der Verkürzung des Nietfchaftes beim Erkalten auf die Bleche ausüben. Sie beträgt $^1/_3$ bis $^1/_2$ [80]) diefes Druckes, entfprechend dem Reibungs-Coefficienten für nicht geglättete Eifenflächen. Sie ift um fo gröfser, je mehr Reibungsflächen vorhanden find, deren jedoch für einen gefchloffenen Theil eines Gliedes immer nur zwei in Frage kommen können.

Nach den Ergebniffen angeftellter Verfuche find dabei die Platten in Fig. 407 (einfchnittige Nietung) und die äufseren in Fig. 408 u. 409 (zweifchnittige Nietung) in derfelben Lage, wie die inneren in Fig. 408 u. 409, da die Reibung zwifchen Blech und Nietkopf eben fo grofs ift, wie zwifchen zwei Blechen. Nur bei fehr langen Nieten treten erhebliche Biegungen des Schaftes auf, welche dann das

80) In: GRASHOF, F. Theorie der Elafticität und Feftigkeit. 2. Aufl. (Berlin 1878), S. 201 wird diefer Coefficient zu 0,4 angegeben.

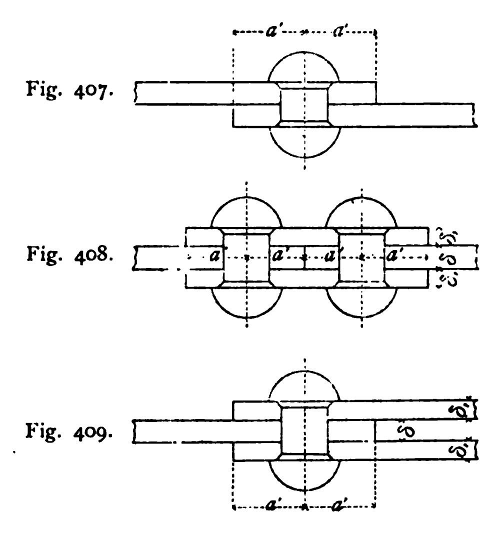


Fig. 407.

Fig. 408.

Fig. 409.

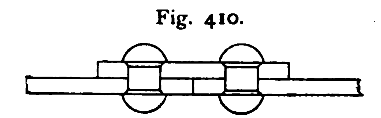
Auftreten der Reibung am Kopfe verhindern. Im Allgemeinen hat alfo jede genietete Platte zwei Reibungsflächen. Für diefe beiden Flächen zufammen ergeben nun die Verfuche von *Clark*, *Harcort*, *Lavalley* und *Schichau*[81]) eine Reibung von 700 bis 1400 kg, im Mittel etwa 1200 kg pro 1 qcm des Schaftquerfchnittes, und man kann daraus bei einem Reibungs-Coefficienten von 0,4 auf eine Längsfpannung im Niete von im Mittel $\frac{1200}{2} \cdot \frac{1}{0{,}4} = 1500$ kg fchliefsen. Dafs der Schaft jedenfalls bis zur Elafticitäts-Grenze gereckt fei, wurde bereits in Art. 194 (S. 136) erkannt. Da diefe Reibung fich jedoch bei gleich forgfältiger Herftellung aller Probeniete aufserordentlich (bis zu 100 Procent) fchwankend zeigte, fo pflegt man bei Bau-Conftructionen auf fie nicht zu rechnen (wohl aber bei gewiffen Conftructions-Theilen von Mafchinen), fie vielmehr nur als eine Erhöhung der Sicherheit anzufehen.

203. Feftigkeit des Nietbolzens.

ε) Die Feftigkeit des Nietbolzens ift in fo fern von unmittelbarem Einfluffe auf die der Verbindung, als, nach Ueberwindung, bezw. Vernachläffigung der Reibung der Schaft in allen Berührungsebenen der Bleche abgefchert fein mufs, bevor die Trennung der Verbindung erfolgt. Je nachdem die Abfcherung eines (Fig. 407), zweier (Fig. 408 u. 409) oder mehrerer Nietquerfchnitte Vorbedingung der Zerftörung ift, nennt man die Nietung ein-, zwei- oder mehrfchnittig. Mehr als zweifchnittige Niete kommen nur da vor, wo jedes der zu verbindenden Glieder aus mehreren einzelnen Theilen befteht, welche fich alle auf denfelben Bolzen hängen. Nach angeftellten Verfuchen[82]) ift der Widerftand der Niete gegen diefe Abfcherung um fo geringer, je gröfser die Anzahl der Niete und die Anzahl der abzufcherenden Querfchnitte jedes Nietes ift, was fich aus der Unmöglichkeit gleichförmiger Kraftvertheilung auf alle Niete und Nietquerfchnitte natürlich erklärt. Nimmt man zur Vereinfachung der Berechnungen an, dafs die Scherfpannung fich gleichförmig über den Nietquerfchnitt vertheilt, was nach *Grashof*[83]) thatfächlich undenkbar ift, fo ergeben die verfchiedenen Verfuche, dafs die Scherfeftigkeit für einfchnittige Niete zwifchen 60 und 70 Procent, für zweifchnittige zwifchen 55 und 65 Procent der Zugfeftigkeit des Nietmateriales liegt, nach Anderen bis zu 80 Procent derfelben fteigt. Keinesfalls foll man daher die Niete mit mehr gleichförmig vertheilt gedachter Scherfpannung belaften, als mit $^4/_5$ der zuläffigen Zugbeanfpruchung des Nietmateriales. Da die Niete aus befonders gutem Materiale beftehen, der Regel nach alfo nicht höher, als mit höchftens 700 kg pro 1 qcm.

Die Vernietungen follen thunlichft fo angeordnet fein, dafs die Mittelkräfte aus den Spannungen der beiden verbundenen Theile in die Mitte der Schaftlänge fallen, damit die Verbindung keine Verbiegung erleidet. Der einfeitige Anfchlufs (Fig. 407) und die einfeitige Lafchung (Fig. 410) genügen diefer Bedingung nicht, follen alfo nach Möglichkeit ver-

Fig. 410.



[81]) Siehe: Grashof, F. Theorie der Elafticität und Feftigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 201 — ferner: Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 450 — endlich: Glaser's Annalen für Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

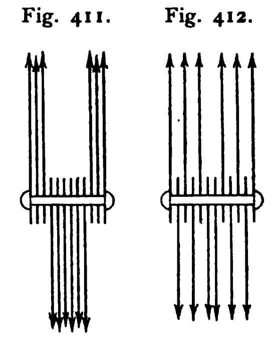
[82]) Siehe: Mittheilungen aus den königlichen technifchen Verfuchsanftalten zu Berlin 1883, Heft 3 — ferner: Centralbl. der Bauverw. 1884, S. 201 — endlich: Glaser's Annalen f. Gwbe. u. Bauw. Bd. 14, S. 218.

[83]) Theorie der Elafticität und Feftigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 128.

mieden werden. Sie ſind nicht in allen Fällen zu umgehen; es iſt dann gut, die Niete weniger hoch zu belaſten. Gute Anordnungen ſind die doppelte Verlaſchung (Fig. 408) und der doppelte Anſchluſs (Fig. 409).

Sehr lange Niete erleiden ſtarke Biegung; man ſoll darauf achten, daſs die in gröſserer Zahl anſchlieſsenden Theile der verbundenen Glieder ſo gruppirt werden, daſs thunlichſt je zwei auf einander liegende Theile von entgegengeſetzt gerichteten Kräften beanſprucht ſind, da ſo das ungünſtigſte Biegungsmoment für den Bolzen ein Minimum wird. Fig. 411 zeigt die verkehrte, Fig. 412 die richtige Anordnung. Uebrigens iſt es nothwendig, bei langen Bolzen die Biegungsſpannungen, welche die ſchon vorhandenen erheblichen Normalſpannungen des Schaftes vergröſsern, in Betracht zu ziehen, da ſie unter Umſtänden die gröſste Gefahr darſtellen. Bei kurzen Nieten haben ſie wenig Einfluſs.

Fig. 411. Fig. 412.



204. Druck am Umfange des Nietbolzens.

ζ) Der Druck zwiſchen dem Umfange des Nietbolzens und der Laibung des Loches, eine häufig überſehene Gefahr, kann eine Verbindung lockern oder zerſtören, welche in allen früheren Beziehungen richtig angeordnet wurde, und zwar dadurch, daſs das Material hinter dem Nietbolzen zerdrückt wird und ſeitlich ausquillt. Die Druckvertheilung zwiſchen Bolzen und Lochwandung iſt eine ſolche, daſs ſie von ihrem Maximum im Scheitel des Bolzenquerſchnittes im Sinne der Kraftrichtung bis zu Null an den Enden des zu letzterer winkelrechten Durchmeſſers abnimmt. Auch ſtatt dieſer ungleichförmigen Druckvertheilung wird in die Berechnungen eine gleichförmig über den Durchmeſſer vertheilte Spannung eingeführt, welche nach angeſtellten Verſuchen das Maſs von $s'' = 1100$ bis 1200 kg pro 1 qcm des Rechteckes aus Blechdicke δ und Nietdurchmeſſer d nicht überſchreiten darf, wenn nicht Deformationen des Materiales hinter dem Niete entſtehen ſollen. Dieſe auf den Durchmeſſer reducirte Spannung nennt man gleichwohl Lochlaibungs-Preſſung, und ſie iſt namentlich bei geringer Blechſtärke maſsgebend für die Anordnung der meiſten Kraftnietungen. Soll übrigens der Niet gegen Abſcheren und gegen Eindrücken in das ſchwächſte der verbundenen Bleche gleich ſicher ſein, ſo muſs entſprechend den oben feſt geſetzten Spannungswerthen für einſchnittige Nietung ſtattfinden $\frac{d^2 \pi}{4} 700 = d \delta . 1100$, oder

$$d = 2{,}008\ \delta,$$

was wieder zu der unter α (Art. 198, S. 137) angegebenen Regel führt.

Iſt die Nietung jedoch zweiſchnittig, ſo müſſte ſtattfinden $2 \frac{d^2 \pi}{4} 700 = d \delta . 1100$ oder $\delta = d$. Da δ aber faſt ſtets kleiner als d iſt, ſo wird man in dieſem Falle die Nietzahl im Allgemeinen nach dem Lochlaibungs-Drucke zu beſtimmen haben, und die Scherfeſtigkeit der Niete ſomit nicht ausnutzen können.

3) Berechnung der Vernietungen.

205. Bezeichnungen.

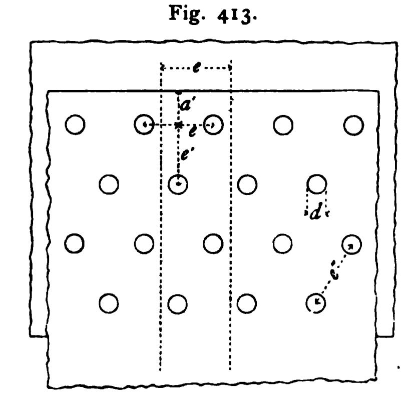
Die Formeln für die Anordnung der Kraftnietungen ergeben ſich für die verſchiedenen, in Art. 197 bis 204 (S. 137 bis 141) beſprochenen, in Rückſicht zu ziehenden Factoren, wie folgt, wenn die zuläſſige Zugbeanſpruchung der genieteten Theile s', die zuläſſige Scherſpannung derſelben t', diejenige des Nietmateriales t, der zuläſſige Lochlaibungs-Druck s'', die Nietzahl n, die belaſtende Kraft P, die Anzahl der Nietreihen n', der Abſtand von Nietmitte bis Nietmitte in einer Reihe (Niettheilung) e, der der Reihen von einander (Reihentheilung) e', der Abſtand der

äufserften Nietmitten vom Seitenrande a, vom Hinterrande des Bleches a', der Abftand eines Nietes vom nächften der hinterliegenden Reihe e'' (Fig. 413), die Blechftärke δ und der Nietdurchmeffer d genannt wird.

206. Durchmeffer und Zahl der Nieten.

α) Nietdurchmeffer und Nietzahl. Für den Durchmeffer des Nietbolzens ift für gewöhnlich

Fig. 413.



$$d = 2\,\delta; \quad \dots \quad 82.$$

für ftarke Bleche ift in der Regel d nicht gröfser, als 2,5 cm.

Die Zahl der Niete ift fo zu beftimmen, dafs die Abfcherungsfeftigkeit aller Niete gleich P ift. Ift aber $d > 2\,\delta$ für einfchnittige Nietungen, und $d > \delta$ für zweifchnittige, welches letztere Verhältnifs in faft allen Fällen eintritt, fo wird der Lochlaibungs-Druck s'' zu grofs; die Nietzahl mufs alsdann nach letzterem beftimmt werden.

Es wird

$$n = P \frac{4}{d^2 \pi t} \text{ für einfchnittige Niete, } d \gtreqless 2\,\delta; \quad \dots \quad 83.$$

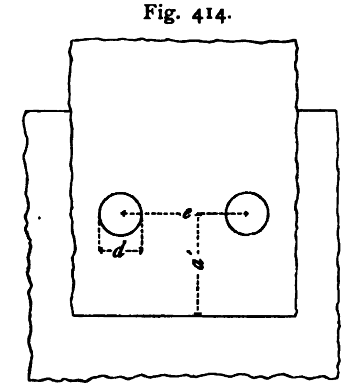
$$n = P \frac{2}{d^2 \pi t} \text{ für zweifchnittige Niete, } d \gtreqless \delta; \quad \dots \quad 84.$$

$$n = \frac{P}{d\,\delta\,s''} \begin{cases} \text{für einfchnittige Niete, wenn } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Niete, wenn } d > \delta. \end{cases} \quad \dots \quad 85.$$

207. Feftigkeit in einer Nietreihe.

β) Feftigkeit des Materials zwifchen den Löchern einer Reihe (Fig. 414). Diefe ift mafsgebend für die Theilung e. Die Tragfähigkeit des Bleches zwifchen zwei Nietlöchern beträgt $s'\,\delta\left(e - 2\,\frac{d}{2}\right)$, die des Nietes $\frac{d^2 \pi}{4}\,t$ für einfchnittige, $\frac{d^2 \pi}{2}\,t$ für zweifchnittige Nietung und $d\,\delta\,s''$, wenn die Nietzahl mit Rückficht auf Lochlaibungs-Druck berechnet werden muffte. Die Tragfähigkeit des Bleches bei ein- und zweifchnittiger Nietung ift in einer beide Arten vereinigenden Verbindung (Fig. 408 u. 409) für den einfachen und den doppelten Theil die gleiche, wenn das zweifchnittig genietete Blech doppelt fo ftark ift, wie das einfchnittig genietete, alfo unter der Bedingung, dafs $\delta = 2\,\delta_1$.

Fig. 414.



Die Gleichungen für e ergeben fich alfo:

$$\delta\,(e - d)\,s' = \frac{d^2 \pi}{4}\,t \text{ für einfchnittige Nietung, } d \gtreqless 2\,\delta; \quad \dots \quad 86.$$

$$\delta\,(e - d)\,s' = \frac{d^2 \pi}{2}\,t \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \gtreqless \delta; \quad \dots \quad 87.$$

$$\delta\,(e - d)\,s' = d\,\delta\,s'' \begin{cases} \text{für einfchnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta. \end{cases} \quad \dots \quad 88.$$

In diefen Gleichungen kann meift, wegen der befonderen Güte des Nietmateriales, $t = s'$ und für die meiften Fälle $s'' = 1{,}5\,s'$ gefetzt werden; die Gleichungen lauten alsdann:

$$e = d\left(1 + \frac{\pi\, t\, d}{4\, s'\, \delta}\right) \text{ für einſchnittige Nietung, } d \lesseqgtr 2\,\delta; \quad \dots \quad 89.$$

$$e = d\left(1 + \frac{\pi\, t\, d}{2\, s'\, \delta}\right) \text{ für zweiſchnittige Nietung, } d \lesseqgtr \delta; \quad \dots \quad 90.$$

$$e = d\left(1 + \frac{s''}{s'}\right) \begin{cases} \text{für einſchnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweiſchnittige Nietung, } d > \delta. \end{cases} \quad \dots \quad 91.$$

Wäre z. B. in Fig. 409, wo offenbar die Aufsentheile einſchnittig, der Innentheil zweiſchnittig genietet ſind, unter Einführung der angegebenen Verhältniſſe der Beanſpruchungen s', s'' und t zu einander, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, ſo ergäbe ſich, wenn man zwiſchen den Blechſtärken mitteInd $d = 1{,}5\,\delta$ machte, alſo $d = 3\,\delta_1$; alsdann wäre für die äuſseren Bleche in die Formeln δ_1 für δ einzuführen, und es ergäbe ſich für die äuſseren Bleche, da $d > 2\,\delta_1$, nach Gleichung 91. $e = 2{,}5\,d = 2{,}5 \cdot 3\,\delta_1 = 7{,}5\,\delta_1 = 3{,}75\,\delta$ und für das innere, zweiſchnittig genietete Blech, da $d > \delta$, gleichfalls $e = 2{,}5 \cdot 1{,}5\,\delta = 3{,}75\,\delta$.

Wäre dagegen, was praktiſch meiſt der Fall iſt, $\delta_1 > \frac{\delta}{2}$, etwa $= 0{,}7\,\delta$, und dann, wie gewöhnlich, $d = 2\,\delta_1 = 1{,}4\,\delta$, ſo würde für den einſchnittig genieteten Aufsentheil nach Gleichung 89.

$$e = 2\,\delta_1\left(1 + \frac{\pi}{4}\,\frac{2\,\delta_1}{\delta_1}\right), \text{ oder } e = 5{,}14\,\delta_1 = \text{rund } 3{,}6\,\delta$$

und für den zweiſchnittig genieteten Innentheil nach Gleichung 91.

$$e = 2{,}5 \cdot 1{,}4\,\delta = 3{,}5\,\delta$$

ſich ergeben; das gröſsere beider Maſse muſs ausgeführt werden.

Wie ſchon oben angedeutet, müſſen die Gleichungen 89. u. 90. für den Fall $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, wenn alſo in die Gleichung 89. $\frac{\delta}{2}$ ſtatt δ eingeführt wird, beide daſſelbe ergeben; denn die Hälfte des Mitteltheiles iſt dann gleich mit einem Aufsentheile.

Es liegt in der Natur der Sache, daſs in der Nietung die Feſtigkeit des vollen Bleches unmöglich gewahrt bleiben kann; der Grad der Feſtigkeit der Vernietung wird gemeſſen durch $f = \frac{e - d}{e}$, alſo im zweiten der obigen Beiſpiele für die Aufsentheile durch

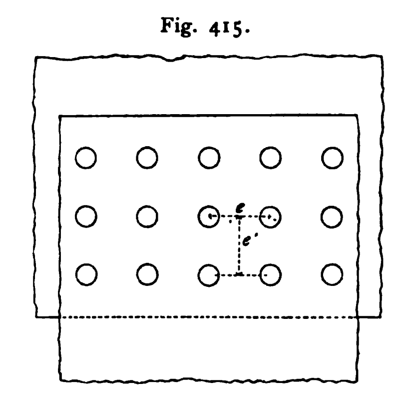
$$f = \frac{5{,}14\,\delta_1 - 2\,\delta_1}{5{,}14\,\delta_1} = 0{,}61$$

und für den Innentheil durch

$$f = \frac{3{,}6\,\delta - 1{,}4\,\delta}{3{,}6\,\delta} = 0{,}61.$$

Zum Zwecke der Vermeidung der hieraus folgenden, übermäſsigen Verbreiterung der Theile iſt die ſchon oben erwähnte Nietſtellung eingeführt, welche die Niete in mehrere Reihen, und zwar in die erſte und letzte je einen Niet und in die nach der Mitte zu folgenden Reihen thunlichſt je ein Niet mehr, ſetzt, und bei der man den Stab dann nur um d gegen den theoretiſchen Querſchnitt verbreitert.

Fig. 415.



Wird der Werth f bei einreihiger Nietung zu klein, oder iſt es überhaupt unmöglich, n Niete in der Breite b unterzubringen, ſo geht man zur mehrreihigen Nietung der Reihenzahl n' über (Fig. 415). Es werden hier n' Niete in die Theilungsbreite geſchlagen; folglich ſind die Gleichungen für e:

$$\delta\, s' \,(e - d) = \ \ n' \,\frac{d^2\,\pi}{4}\, t \text{ für einschnittige Nietung, } d \gtreqless 2\,\delta; \quad . \ . \ . \quad 92.$$

$$\delta\, s' \,(e - d) = 2\,n' \,\frac{d^2\,\pi}{4}\, t \text{ für zweischnittige Nietung, } d \gtreqless \delta; \quad . \ . \ . \quad 93.$$

$$\delta\, s' \,(e - d) = n'\, d\, \delta\, s'' \quad \begin{cases} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung } d > \delta. \end{cases} \quad . \ . \quad 94.$$

Gewöhnlich ist $t = s'$ und $s'' = 1{,}5\; s'$; alsdann lauten diese Gleichungen:

$$e = d\left(1 + \frac{n'\,\pi\,t\,d}{4\,s'\,\delta}\right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \gtreqless 2\,\delta; \quad . \ . \ . \ . \quad 95.$$

$$e = d\left(1 + \frac{n'\,\pi\,t\,d}{2\,s'\,\delta}\right) \text{ für zweischnittige Nietung, } d \gtreqless \delta; \quad . \ . \ . \ . \quad 96.$$

$$e = d\left(1 + \frac{n'\,s''}{s'}\right) \begin{cases} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{cases} \quad . \ . \quad 97.$$

Für das erste obiger Beispiele ist für eine dreireihige Nietung $n' = 3$, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$ und $d = 1{,}5\,\delta = 3\,\delta_1$, also für die Aussentheile nach Gleichung 97. $e = 3\,\delta_1\,(1 + 3 \cdot 1{,}5) = 16\,\delta_1 = 8{,}25\,\delta$ und für den Innentheil nach Gleichung 97. $e = 1{,}5\,\delta\,(1 + 3 \cdot 1{,}5) = 8{,}25\,\delta$. Im zweiten Beispiele wird $n' = 3$, $\delta_1 = 0{,}7\,\delta$ und $d = 2\,\delta_1 = 1{,}4\,\delta$, also für die Seitentheile nach Gleichung 95. $e = 2\,\delta_1\left(1 + \frac{3\,\pi}{4}\,\frac{2\,\delta_1}{\delta_1}\right) = 11{,}42\,\delta_1 = 11{,}42 \cdot 0{,}7\,\delta =$ rund $8\,\delta$ und für den Mitteltheil nach Gleichung 97. $e = 1{,}4\,\delta\,(1 + 3 \cdot 1{,}5) = 7{,}7\,\delta = 11\,\delta_1$.

Auch hier ist der Sicherheitsgrad $f = \frac{e - d}{e}$, also im zweiten Beispiele für die Aussentheile $\frac{11{,}42\,\delta_1 - 2\,\delta_1}{11{,}42\,\delta_1} = 0{,}825$, für den Innentheil $\frac{8\,\delta - 1{,}4\,\delta}{8\,d} = 0{,}867$.

Das äusserste Maximum für e in auf einander liegenden Theilen ist $e = 8\,d$, da bei weiterer Stellung der Niete die Bleche zwischen den Nieten von einander klaffen.

Der Abstand a der Mitte des letzten Nietes vom Seitenrande des Bleches muss bei einreihiger Nietung mindestens $0{,}5\;e$, bei mehrreihiger mindestens $0{,}25\;e$ betragen. Sind diese Werthe aber kleiner, als $1{,}5\;d$, so macht man $a = 1{,}5\;d$, da man zur Herstellung des Loches aussen eines Blechstreifens von der Breite d bedarf. Andererseits hält man als Maximum für a den Werth $2{,}5\;d$ fest, da die Blechränder aufklaffen, wenn die ersten Niete zu weit vom Rande stehen.

208.
Festigkeit am hinteren Blechrande.

γ) Die Festigkeit des Materials zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Blechrande muss ein Ausscheren des Nietes nach Fig. 406 verhindern. Für einschnittige Nietung ist sie $2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t'$, für zweischnittige $2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t'$, und die Gleichungen, welche durch gleiche Sicherheit gegen Abscheren im Bleche und Abscheren des Nietes einerseits, Lochlaibungs-Druck andererseits bedingt werden, lauten:

$$2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t' = \ \ \frac{d^2\,\pi}{4}\, t \text{ für einschnittige Nietung, } d \gtreqless 2\,\delta; \quad . \ . \quad 98.$$

$$2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t' = 2\,\frac{d^2\,\pi}{4}\, t \text{ für zweischnittige Nietung, } d \gtreqless \delta; \quad . \ . \quad 99.$$

$$2\left(a' - \frac{d}{2}\right)\delta\, t' = d\,\delta\, s'' \begin{cases} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta, \end{cases} \quad . \quad 100.$$

oder:

$$a' = d\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \gtreqless 2\,\delta; \quad . \ . \ . \quad 101.$$

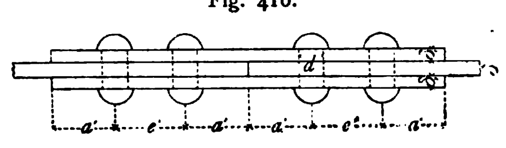
$$a' = d\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \overline{\gtrless} \delta; \quad . \quad . \quad . \quad 102.$$

$$a' = d\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,\frac{s''}{t'}\right) \begin{cases}\text{für einfchnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta.\end{cases} \quad . \quad 103.$$

Hierin kann gewöhnlich $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$ und $\frac{s''}{t'} = 1{,}9$ gefetzt werden.

Im zweiten der obigen Beifpiele wird für die Aufsentheile (fiehe Fig. 409) nach Gleichung 98. u. 101. $a' = 2\,\delta_1\left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8}\,\frac{5}{4}\,\frac{2\,\delta_1}{\delta_1}\right) = 2{,}96\,\delta_1$; ferner wird für den Innentheil nach Gleichung 100. u. 103. $a' = 1{,}4\,\delta\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,1{,}9\right) = 2{,}03\,\delta = 2{,}03\,\frac{\delta_1}{0{,}7} = 2{,}9\,\delta_1$. Unter Umftänden kann a' in verfchiedenen Theilen einer Verbindung fehr verfchiedene Werthe annehmen.

Fig. 416.



Diefer Randabftand kommt auch bei den mehrreihigen Nietungen in Frage, bei denen die Niete in den Reihen nicht verfetzt find (Fig. 415 u. 416); für folche mufs offenbar $e' = a' + \frac{d}{2}$ fein, und lauten die entfprechenden Gleichungen daher:

$$e' = d\left(1 + \frac{\pi}{8}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \text{ für einfchnittige Nietung, } d < 2\,\delta; \quad . \quad . \quad . \quad 104.$$

$$e' = d\left(1 + \frac{\pi}{4}\,\frac{t}{t'}\,\frac{d}{\delta}\right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \overline{\gtrless} \delta; \quad . \quad . \quad . \quad 105.$$

$$e' = d\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{s''}{t'}\right) \begin{cases}\text{für einfchnittige Nietung, } d > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta.\end{cases} \quad . \quad 106.$$

Sind jedoch die Niete in den Reihen verfetzt, wie in Fig. 413, fo fällt diefe Rückficht weg; man macht dann meift $e'' = e$, alfo $e' = 0{,}866\,e$. Das mit Bezug auf die Herftellung der Löcher einzuhaltende Minimum von e' ift $2{,}5\,d$, welches Mafs dann ausgeführt wird, wenn die Formeln kleinere Werthe ergeben.

209. Reibung zwifchen den Blechen.

δ) Die Reibung der Bleche auf einander, welche nach dem in Art. 202 (S. 139) Gefagten auch bei einfchnittigen Nietungen (Fig. 407 u. 410) in zwei Ebenen für jedes Blech auftritt und unter diefer Bedingung bei forgfältiger Ausführung im Mittel 1200 kg für 1 qcm des Nietquerfchnittes beträgt, kommt nur bei folchen Verbindungen in Rechnung, welche auch bei unvollftändiger Ausfüllung der Löcher durch die Niete nicht nachgeben dürfen. Solche Theile (Hängeftangen für Decken, Geftänge etc.) werden fo berechnet, dafs die Reibung in dem Momente überwunden wird, in welchem im Bleche die Elafticitäts-Grenze s_e erreicht wird. Dies führt zur Gleichung für die Nietzahl

$$n = P\,\frac{1}{300\,d^2\,\pi}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 107.$$

und für die Theilung

$$\frac{d^2\,\pi}{4}\,1200 = (e - d)\,d\,s_e\,,$$

oder

$$e = d\left(1 + \frac{300\,\pi\,d}{s_e\,\delta}\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 108.$$

alfo für $\delta = \frac{d}{2}$ und s_e (für gewöhnliches Schmiedeeifen) $= 1500$ kg pro 1 qcm

$$e = 2{,}25\,d. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 109.$$

Für diefe Nietungen mufs die Theilung im Allgemeinen etwas enger fein, als wenn die Scherfeftigkeit der Niete in Betracht gezogen wird.

Unter Benutzung der Formel 108. kann hier die unter β angewendete Behandlung von ein- und mehrreihigen Nietungen gleichfalls durchgeführt werden.

Nietftellungen in Reihen, deren Nietzahl von 1 in der erften und letzten um je 1 in jeder Reihe nach der Mitte zunimmt, werden hier nicht verwendet, weil die Nietvertheilung zur Erzielung gleichmäfsiger Reibung über die ganze Fugenfläche gleichförmig fein mufs.

210. Feftigkeit des Nietbolzens.

ε) Die Feftigkeit des Nietbolzens ift in den obigen Formeln bereits dadurch genügend berückfichtigt, dafs feine Scherfeftigkeit, bezw. der zuläffige Umfangsdruck, der Abmeffung der Niettheilung zu Grunde gelegt wurde. Vortheilhaft für die Feftigkeit des einzelnen Bolzens ift eine thunlichft geringe Nietzahl, weshalb man bei Kraftnietungen den Durchmeffer fo weit fteigern foll, wie die obigen Regeln erlauben. In zweifchnittigen Nietungen ift der Scherwiderftand jedes Querfchnittes bei guter Ausführung nur 90 Procent desjenigen der einfchnittigen Nietung, weil es nicht möglich ift, beide Querfchnitte ganz gleich zu beanfpruchen.

211. Druck am Bolzenumfang.

ζ) Der Druck zwifchen Bolzenumfang und Lochlaibung, deffen Steigerung über ein beftimmtes Mafs (1100 bis 1200 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechftärke und Bolzendurchmeffer) unzuläffig ift, wurde durch obige Formelaufftellung für alle Abmeffungen berückfichtigt, kommt aber nur in Frage, wenn das Verhältnifs $\frac{d}{\delta}$ grofs ift.

4) Nietverbindungen.

212. Einfeitiger Anfchlufs.

α) Der einfeitige Anfchlufs. Fig. 417 zeigt diefe Verbindung für zwei fchmale Stäbe unter der Laft P. Es entfteht ein Drehmoment $P\delta$, welches bei fchlotterigen Nieten (Fig. 418) durch Verdrehen diefer und einfeitiges Anlegen ihrer Köpfe ein Gegenmoment $Q \cdot 1{,}5\,d$ erzeugt, das fo lange wächst, bis beide fich aufheben. Es ift alfo $Q = \frac{P\delta}{1{,}5\,d}$, und der Nietfchaft wird im Kopfanfatze vom Momente $\frac{P d}{1{,}5\,d} \cdot \frac{1{,}5\,d}{2} = \frac{P\delta}{2}$ gebogen und von der Kraft $\frac{P\delta}{1{,}5\,d}$ gezogen. Die Biegungsfpannung σ_1 folgt aus $\frac{P\delta}{2} = \frac{\sigma_1 d^3 \pi}{32}$ mit $\sigma_1 = \frac{16\,P\delta}{\pi\,d^3}$, und die Zugfpannung σ_2 aus $\frac{P\delta}{1{,}5\,d} \cdot \frac{1}{\frac{d^2\pi}{4}} = \frac{8\,P\delta}{3\,\pi\,d^3}$. Es entfteht im Niet alfo eine Zufchlagfpannung $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{56\,P\delta}{3\,\pi\,d^3}$, oder für $\delta = \frac{d}{2}$ ift $\sigma = \frac{28\,P}{3\,\pi\,d^2}$. Der Niet ift auf $P = \frac{d^2\pi}{4}\,t$ berechnet, alfo wird

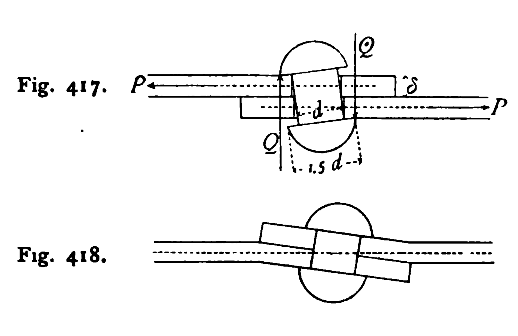


Fig. 417.

Fig. 418.

$$\sigma = \frac{28}{3\,\pi\,d^2}\,\frac{d^2\pi}{4}\,t = \frac{7}{3}\,t\,.$$

Die Schubſpannung t iſt der Regel nach zu $\frac{4}{5}$ der zuläſſigen Zugſpannung s' anzuſetzen; alſo ergiebt ſich $\sigma = \frac{7}{3} \cdot \frac{4}{5} s' = \frac{28}{15} s'$ oder beinahe $= 2 s'$.

Der beim Erkalten ſchon bis zur Elaſticitäts-Grenze beanſpruchte Niet erhält daher nun noch das Doppelte der zuläſſigen Zugſpannung und wird ſomit der Zerſtörung nahe gebracht.

Sind die Niete nicht ſchlotterig, füllen ſie vielmehr das Loch ganz aus, oder iſt in Folge der oben nachgewieſenen Spannungen ein Nietkopf verbogen oder abgeſprengt, ſo wirkt nun das Moment $\sigma \delta$ allmählich abnehmend biegend auf die Bleche ein, bis die beiden P in eine Gerade fallen. Als Breite des Stabes kann das Theilungsmafs e einer breiteren Nietung eingeführt werden. Die Biegungsſpannung im Bleche σ ergiebt ſich aus $\frac{\sigma e \delta^2}{6} = P \delta$ zu $\sigma = \frac{6 P}{e \delta}$. Wegen der nothwendigen Feſtigkeit des Stabes iſt in der Nietung

$$P = \delta (e - d) s', \text{ alſo } \sigma = \frac{6 \delta (e - d) s'}{e \delta} \text{ oder } \sigma = 6 s' - 6 s' \frac{d}{e}.$$

Nun iſt nach Gleichung 89. für $t = s'$, $e = d \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{d}{\delta}\right)$, alſo

$$\sigma = 6 s' \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4} \frac{d}{\delta}}\right).$$

Wird ſonach der Mittelwerth $\frac{d}{\delta} = 2$ eingeführt, ſo ergiebt ſich

$$\sigma = 3{,}66\ s'.$$

Durch die Biegung allein wird demnach die zuläſſige Beanſpruchung s' im Stabe weit überſchritten. Wenn nun auch keiner der Grenzfälle in Fig. 417 u. 418 wirklich auftritt, ſondern eine Vereinigung beider, welche die beiden berechneten Spannungen jede nur zum Theile hervorruft, ſo muſs doch die in Rede ſtehende Verbindung zur Uebertragung groſser Kräfte als bedenklich bezeichnet, und ſoll auf die Fälle beſchränkt werden, in denen ſie unvermeidlich iſt. Auch mehrreihige Nietung iſt möglich. Die Anordnung ergiebt ſich aus den obigen Gleichungen.

213. Zweiſeitiger Anſchluſs.

β) Der zweiſeitige Anſchluſs (Fig. 409) vermeidet die Uebelſtände des einſeitigen; denn, wenn man die Verbindung in der Mittelebene durchſchneidet, ſo entſtehen in den beiden Hälften zwei Drehmomente der obigen Art, welche ſich gegenſeitig aufheben. Hat, wie es die Regel bildet, jeder der vereinigten Theile dieſelbe Kraft P zu beiden Seiten der Verbindung zu tragen, ſo iſt der Querſchnitt beider Theile theoretiſch gleich zu machen; dabei wird aber die Stärke der einzelnen Theile des doppelten Gliedes für die Ausführung meiſt zu gering, und man macht daher (Fig. 409) die Stärkenſumme des doppelten Theiles $2 \delta_1$ etwas gröſser, als die Stärke δ. Die Nietung kann einreihig und mehrreihig ſein. Wenn jedoch die Abmeſſungen für die einſchnittig angeſchloſſenen Theile des Doppelgliedes andere werden, als für den zweiſchnittig angeſchloſſenen Mitteltheil, ſo müſſen, da verſchiedene Anordnungen in den verſchiedenen Theilen wegen der durchgehenden Niete unmöglich ſind, diejenigen Maſse für alle Theile durchgeführt werden, welche für den einen Theil genügen, dem anderen zu groſse Stärke geben.

Von den obigen Formeln ſind für die Auſsentheile die für einſchnittige, für die Innentheile die für zweiſchnittige Nietungen aufgeſtellten maſsgebend. Die Wieder-

holung diefer Verbindung giebt fchliefslich die fymmetrifche Vereinigung vieltheiliger Glieder nach Fig. 412, bei welcher auch die Aufsenglieder als einfchnittig, die Innenglieder als zweifchnittig angefchloffen zu betrachten find. Haben die vereinigten Theile ungleiche Kräfte zu übertragen, fo mufs die Vernietung nach den die gröfsten Kräfte enthaltenden bemeffen werden, was für die fchwächeren dann leicht recht ungünftige Verhältniffe bedingt; es ift alfo zu empfehlen, alle Theile einer mehrgliederigen Conftruction thunlichft gleich zu machen.

214. Einfeitige Verlafchung.

γ) Die einfeitige Verlafchung (Fig. 410) ift nur eine zweifache Aneinanderreihung des einfeitigen Anfchluffes und hat daher diefelben Nachtheile, kann übrigens in derfelben Weife berechnet werden, wie diefer. Diefe Art der Verbindung ift gleichfalls auf untergeordnete und die unvermeidlichen Fälle zu befchränken.

215. Doppelte Verlafchung.

δ) Die doppelte Verlafchung (Fig. 408) ift wieder frei von den gerügten Mängeln, da fie zur Mittellinie fymmetrifch ift. Auch fie kann einreihig oder mehrreihig (Fig. 416) nach den obigen Formeln ausgeführt werden. Theoretifch müffte die Stärke der Lafchen zufammen gleich der des Bleches fein; es wird aber in der Regel δ_1 etwas gröfser, als $\frac{\delta}{2}$ gemacht.

216. Beifpiel.

Beifpiel. Eine Flacheifen-Diagonale von der Dicke $\delta = 1{,}5$ cm foll mit doppelten Lafchen von der Dicke $\delta_1 = 1{,}0$ cm und Nieten vom Durchmeffer $d = 2{,}0$ cm an ein $1{,}5$ cm ftarkes Knotenblech angefchloffen werden; die Belaftung beträgt 21 000 kg. Die Spannungswerthe feien angenommen mit $s' = 700$ kg pro 1 qcm, $t = s'$, $\frac{s''}{s'} = 1{,}5$, $\frac{s''}{t'} = 1{,}9$ und $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$.

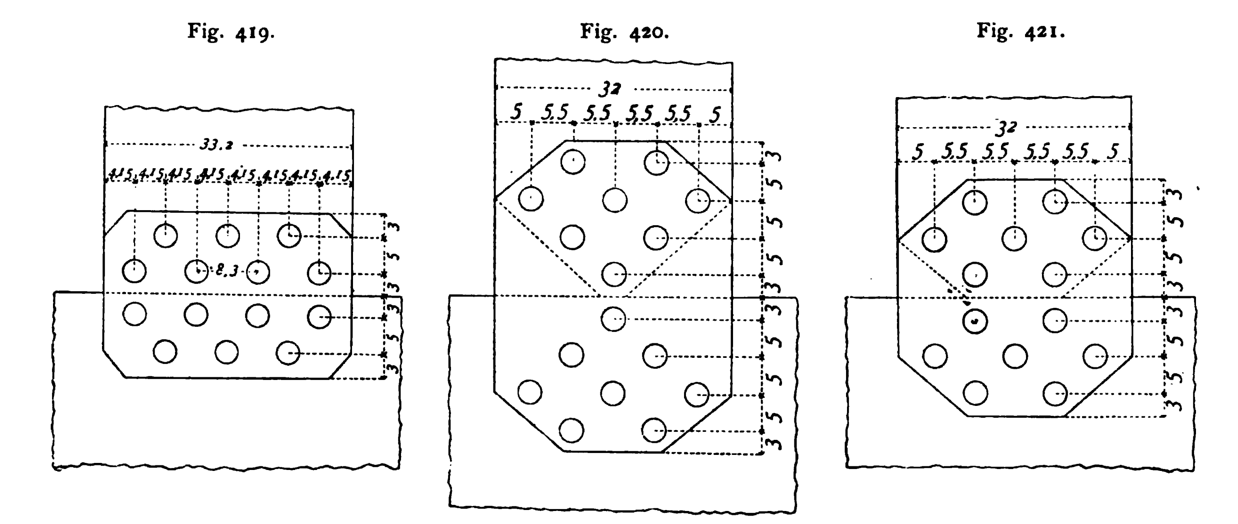
Die theoretifche Stabbreite ift $b = \frac{21\,000}{700} = 30$ cm. Die Nietzahl für die Lafchen nach Gleichung 83. $n = \frac{4 \cdot \frac{1}{2}\, 21\,000}{2^2 \cdot 3{,}14 \cdot 700} = 4{,}8$, für das Blech nach Gleichung 85. $n = \frac{21\,000}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1100} = 6{,}4$. Es müffen alfo 7 Niete gefetzt werden. Thatfächlich beträgt die Scherfpannung im Niete nur $\frac{21\,000 \cdot 4}{2^2 \cdot 3{,}14 \cdot 7 \cdot 2} = 478$ kg und der Lochlaibungs-Druck $\frac{21\,000}{7 \cdot 2 \cdot 1{,}5} = 1000$ kg. Werden in die Formeln gleichwohl die obigen Verhältnifszahlen eingeführt, fo wird die Verbindung in allen Theilen auf ermäfsigte Spannungen, aber mit überall gleicher Sicherheit conftruirt. 7 Niete in eine Reihe zu fetzen ift nicht angängig, da die Verbreiterung dadurch zu grofs würde; es wird alfo zweireihige Vernietung $n' = 2$ angenommen.

In den Lafchen ift dann nach Gleichung 95. $e = 2\left(1 + \frac{2 \cdot 3{,}14}{4}\ 1\ \frac{2}{1}\right) = 8{,}28$ cm, im Bleche nach Gleichung 97. $e = 2\,(1 + 2 \cdot 1{,}5) = 8$ cm; es wird alfo $e = 8{,}3$ cm fein müffen, und die wirkliche Breite, wenn 4 und 3 Niete in je eine Reihe kommen, $4 \cdot 8{,}3 = 33{,}2$ cm.

Der hintere Randabftand a' der Lafchen wird nach Gleichung 101. $a' = 2\left(\frac{1}{2} + \frac{3{,}14}{8}\,\frac{5}{4}\,\frac{2}{1}\right) = 2{,}96$ cm und der im Bleche nach Gleichung 103. $a' = 2\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,1{,}9\right) = 2{,}9$ cm; der Randabftand wird alfo überall mit dem Minimalmafse $1{,}5\ d = 3$ cm ausgeführt. Der Reihenabftand wird in den Lafchen nach Gleichung 104. $e' = 2\left(1 + \frac{3{,}14}{8}\,\frac{5}{4}\,\frac{2}{1}\right) = 3{,}96$ cm, im Bleche nach Gleichung 106. $e' = 2\,(1 + 2 \cdot 1{,}9) = 3{,}9$ cm. Beide find kleiner als $2{,}5\ d$; es wird hier alfo das Minimalmafs $e' = 2{,}5\ d = 2{,}5 \cdot 2 = 5$ cm ausgeführt.

Es ergeben fich demnach die Verhältniffe, wie in Fig. 419 dargeftellt. Der Sicherheitsgrad der Verbindung ift nach der Formel $f = \frac{e - d}{e} = \frac{8{,}3 - 2}{8{,}3} = 0{,}76$, gegenüber der theoretifchen Stabbreite von 30 cm jedoch $\frac{33{,}2 - 4 \cdot 2}{30} = 0{,}84$.

Nach der Art der Nietordnung mit um je 1 wachfender Zahl der Niete in den Reihen würde man hier nach dem Schema 1, 2, 3, 2 unter Zugabe eines Nietes oder nach 2, 3, 2 zu fetzen haben. Die



Stabbreite wird dabei $30 + d = 32^{cm}$ gewählt, und es ergäbe fich wegen der Nietzahl 3 in einer Reihe bei dem gröfsten Randabftande von $5^{cm} = 2{,}5\, d$ eine Theilung von $\frac{32 - 10}{2} = 11^{cm}$, alfo gröfser, als die aus der Formel folgende. Nach den übrigen oben beftimmten Mafsen ergeben fich die beiden Nietungen in Fig. 420 u. 421, von denen die letztere den Uebergang zur dreifachen Reihennietung bildet.

217. Verbindung von Rohren.

Die Reihe der gewöhnlichen Nietverbindungen ift hiermit abgefchloffen; es bleibt nur noch etwas über die Verbindungen nicht ebener Theile hinzuzufügen.

Verbindungen für Blechrohre werden meift mit einfeitiger Verlafchung oder einfeitigem Anfchluffe, genau nach den obigen Regeln, fowohl in den Quer-, wie in den Längsfugen, unter Berückfichtigung der etwa in beiden verfchiedenen Kraftwirkungen hergeftellt.

218. Verbindung von Profileifen.

Profileifen können faft durchweg nur dadurch verbunden werden, dafs man jeden einzelnen Theil mittels gefonderter Blechftreifen einfeitig oder zweifeitig verlafcht, wobei dann die Verlafchung zweckmäfsig für jeden Theil gefondert berechnet wird. Die Theile folcher Profile find jedoch meift fo fchmal, dafs nicht mehrere Niete neben einander in ihnen Platz finden; man ift dann gezwungen, alle für einen Theil erforderlichen Niete in eine Linie hinter einander zu fetzen.

Am häufigften kommen Winkeleifen-Verbindungen vor, welche nach Fig. 422 bis 425 auf 4 verfchiedene Weifen ausgeführt werden können.

Von diefen ift die Verbindung in Fig. 422 die ftärkfte, aber wegen der hohen Koften der befonders zu walzenden Profil-Lafche nur höchft felten. Die nächftbefte ift die in Fig. 424, da die Lafchen fich auf die ebenen Winkeleifenflächen legen, ftärker find, als das Winkeleifen und einen kurzen Abftand b (Wurzelmafs) der Niete von der Winkeleifen-Aufsenecke geftatten. Alsdann folgt zunächft die Verbindung in Fig. 423, welche die angeführten Vortheile wenigftens für einen Schenkel wahrt und dann an die Stelle der Anordnung in Fig. 424 treten mufs, wenn der zweite Schenkel an einem anderen Conftructionstheile anliegt; das Wurzelmafs b mufs hier in dem aufsen verlafchten Schenkel wegen der Innenlafche des anderen Schenkels in un-

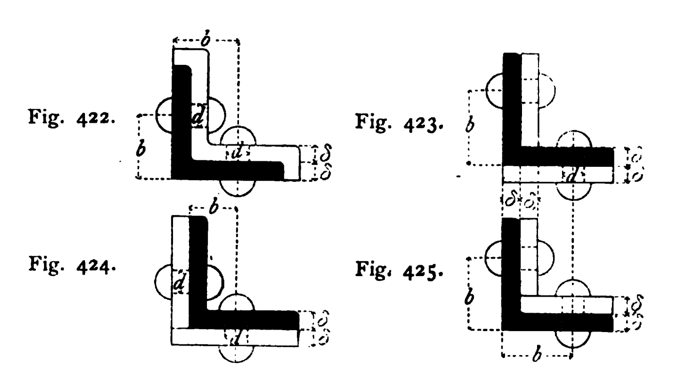
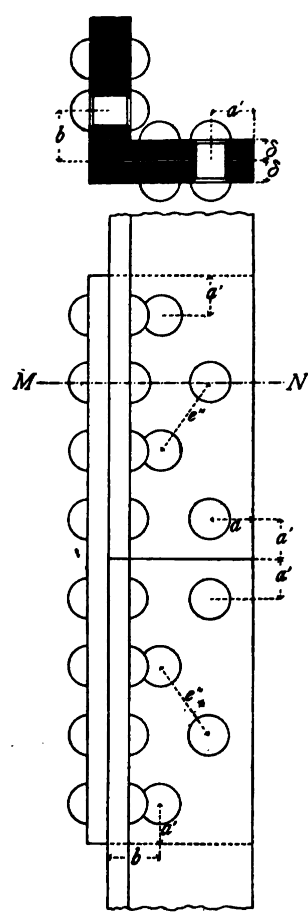


Fig. 426.

Schnitt *MN*.



günftiger Weife vergröfsert werden, was in beiden Schenkeln gefchieht, weil man einerfeits verfchiedene Wurzelmafse in den Schenkeln zu vermeiden fucht, andererfeits ein kurzes Wurzelmafs in dem innen verlafchten Schenkel höchft ungünftige Nietftellung in der Innenlafche hervorriefe. Am wenigften gut, aber dann oft nicht zu umgehen, wenn das Winkeleifen an zwei anderen Theilen anliegt (d. h. in Eckverbindungen), ift die Verbindung in Fig. 425, da von allen für Fig. 424 angeführten Vortheilen hier das Gegentheil eintritt. Die Lafchen müffen hier dicker gemacht werden, als die Schenkel, alfo $\delta_1 > \delta$. Was die Nietftellung anlangt, fo fetzt man die Niete des einen Schenkels auf die Mitten oder Viertel der Theilung des anderen, weil einander gegenüber ftehende Niete oft gar nicht Platz haben, jedenfalls nur mit Mühe eingebracht und fchlecht ausgebildet werden können. Da ein Niet in einem Schenkel das Winkeleifen um fo unfymmetrifcher macht und die Kraftübertragung um fo weiter vom Schwerpunkte verlegt, je näher der Niet dem Aufsenrande fitzt, fo foll das Wurzelmafs fo klein wie möglich gewählt werden, und zwar ift zu machen:

$b = 1 + \delta + 0{,}75\, d$, wenn keine Lafche im Winkeleifen liegt (Fig. 424), ... 110.

$b = 1 + \delta + \delta_1 + 0{,}75\, d$, wenn eine oder zwei Innenlafchen da find (Fig. 422, 423 u. 425) . 111.

Soll z. B. ein Winkeleifen von $10 \times 10 \times 1{,}4$ cm nach Fig. 424 mit $2{,}5$ cm Nietdurchmeffer verlafcht werden, fo ift das zugehörige Wurzelmafs $b = 1 + 1{,}4 + 0{,}75 \,.\, 2{,}5 =$ rund $4{,}3$ cm. Soll aber die Verlafchung nach Fig. 425 mit $1{,}6$ cm ftarken Lafchen erfolgen, fo wird das Wurzelmafs $b = 1 + 1{,}4 + 1{,}6 + 0{,}75 \,.\, 2{,}5 = 5{,}9$ cm.

Handelt es fich nun aber um fehr breite Winkeleifen (Fig. 426), fo rücken die Niete nach diefer Bemeffung des Wurzelmafses fo nahe nach der Ecke, dafs die Lafchen aufsen abklaffen; man giebt dann dem einen Niete das vorgefchriebene Wurzelmafs und fetzt den nächften um $1{,}5\, d$ vom Aufsenrande. Dabei ftellt man, wenn nicht befondere Rückfichten eine beftimmte Theilung vorfchreiben, zwei benachbarte in die fchräg gemeffene Entfernung $e'' = 3\, d$ (Fig. 426, Grundrifs). Dabei mufs ein äufserer Niet des einen einem inneren des anderen Schenkels gegenüber ftehen, da fonft die Ausbildung unmöglich wird (Fig. 426, Schnitt).

Soll auf diefe Weife ein Winkeleifen von $13 \times 13 \times 1{,}4$ cm mit Nieten von $2{,}5$ cm Durchmeffer verlafcht werden, welches nach Abgang eines Nietloches mit 800 kg pro 1 qcm belaftet ift, fo ift die für einen Schenkel zu übertragende Kraft $\frac{(13 + 13 - 1{,}4 - 2{,}5)}{2}\, 1{,}4 \,.\, 800 = 12376$ kg. Nach Gleichung 83. ift für einen Schenkel

$$n = \frac{12376 \,.\, 4}{2{,}5^2 \,.\, 3{,}14 \,.\, 700} = 3{,}7\,, \quad \text{alfo } n = 4.$$

Das Wurzelmafs b wird $1 + 1{,}4 + 0{,}75 \,.\, 2{,}5 = 4{,}3$ cm, der Randabftand $a' = 1{,}5 \,.\, 2{,}5 = 3{,}8$ cm, der Abftand $e'' = 3\, d = 7{,}5$ cm und der hintere Randabftand a' nach Gleichung 101.

$$a' = 2{,}5 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2{,}5}{1{,}4} \right) = 3{,}5 \text{ cm}.$$

Diefes Wurzelmafs, welches fich für eine Verbindungsftelle ergiebt, bleibt, um die Theilung auf einer Geraden zu behalten, für das ganze Winkeleifen mafsgebend. Ift keine Verbindungsftelle da, wird z. B. ein durchlaufendes Winkeleifen an ein Blech genietet, fo beftimmt fich das Wurzelmafs ftets nach Gleichung 110. Die zweireihige Nietung (Fig. 426) beginnt bei Winkeleifen zweckmäfsig erft von 12 cm Schenkelbreite an.

Die obigen Regeln können auch auf die Herftellung von Eckverbindungen zweier Bleche mittels Winkeleifen übertragen werden (fiehe Kap. 3, unter a).

Auch die Vernietung anderer Profile erfolgt nach Grundfätzen, welche aus den obigen zu entnehmen find; nur tritt bei einigen auch die doppelte Lafchung auf. So würde man ein I-Eifen auf und unter jedem Flanfch einfeitig, den Steg zweifeitig verlafchen. Solche Verbindungen anderer Profileifen, als Winkeleifen find jedoch höchft felten.

219. Verbindung mit Stehnieten.

Einer befonderen Art von Vernietung ift noch zu erwähnen, nämlich der Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar auf einander liegenden Theilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichft nicht herangezogen werden foll. Die Nietfchäfte werden fehr lang und haben fonach, wenn fie Kräfte übertragen follen, höchft ungünftige Biegungsfpannungen zu erleiden. Um den vorgefchriebenen Abftand der Theile, welcher beim Stauchen des ohne Weiteres eingefetzten Nietes durch völliges Zerquetfchen des Schaftes zwifchen den Theilen verloren gehen würde, zu wahren, fetzt man zunächft einen Ring mit dem äufseren Durchmeffer 2 d und dem inneren Durchmeffer d fo zwifchen die Theile, dafs die drei Löcher fich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

Häufig werden zu diefem Zwecke auch auf dem Durchftofse gelochte Blechabfälle verwendet, welche dann aber keine zu unregelmäfsige Aufsenform haben, von allen Graten befreit und thunlichft durch Preffen völlig eben hergerichtet fein follen.

Fig. 427.

Fig. 427 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da ein Abklaffen der Theile von einander hier unfchädlich ift, kann die Niettheilung, wenn die Kräfte es erlauben, bis $e = 20\ d$ gefteigert werden.

b) Schrauben und Schraubenverbindungen.

220. Anwendung und Verfchiedenheit.

Schraubenverbindungen kommen in Eifentheilen da vor, wo die zu verbindenden Theile des Materials wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Gufseifentheilen, oder wo eine gewiffe Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Theile gewahrt werden foll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung verloren geht, oder wo der Raum zu beengt ift, um Nietköpfe ausbilden zu können.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgängig fein, und können rechteckigen Gangquerfchnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckiges Gangprofil (fcharfgängige Schrauben) haben. Die eingängigen fcharfgängigen Schrauben ergeben unter gleicher Laft die gröfste Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsfchrauben, die hier den Bewegungsfchrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichft grofse Reibung erwünfcht ift, fo wird hier von ihnen allein die Rede fein. Auch ift bei gleicher Ganghöhe die Scherfläche zwifchen Gang und Spindel bei der fcharfen Schraube doppelt fo grofs, wie bei der flachen.

Aufser den beiden genannten kommt noch die Trapezfchraube und die Schraube mit rundem Gangquerfchnitte vor.

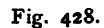
221. Gangprofil und Durchmeffer der Schrauben.

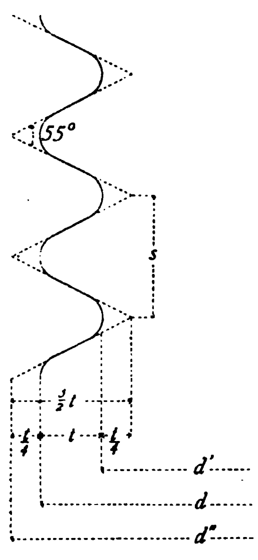
Das Gangprofil der fcharfen Schraube zeigt Fig. 428; es ift d' der innere Durchmeffer, d der äufsere Gewindedurchmeffer, d'' der äufsere Bolzendurchmeffer, s die Ganghöhe und t die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl m feft gelegt, welche beftimmt, wie viele Gänge auf die Länge d des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 428 aus- und abgerundet; nur bei fehr weichem Materiale (Meffing, Bronze) mehr. Gemäfs dem Abrundungsmafs und dem Spitzenwinkel von 55 Grad wird $\frac{3}{2}\, t = s \frac{1}{tg\ 27^\circ\ 30'}$, alfo

$$t = 0{,}64\ s\ , \qquad \qquad 112.$$

wofür man meift $t = 2 \frac{s}{3}$ fetzt. Daraus folgt $d' = d - 2\,t = d - 2 \,.\, 0{,}64\ s$; demnach

$$d' = d - 1{,}28\ s \qquad \qquad 113.$$


Fig. 428.



Es ift nun nach Obigem $s = \frac{d}{m}$, alfo $d' = d - \frac{1,28\, d}{m}$, fonach

$$\frac{d'}{d} = \frac{m - 1,28}{m} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 113a.$$

d_1 beftimmt fich nach der Laft, und es find dann d und s der neben ftehenden *Witworth*'fchen Schrauben-Scala zu entnehmen, welche die Form aller Schrauben gleichen Durchmeffers allgemein feft legt, damit fie beliebig vertaufcht werden können. Um diefe nicht immer benutzen zu müffen, find für d und s zwei Beziehungsgleichungen aufgeftellt, welche lauten:

$$s = 0,07\,^{\text{cm}} + 0,095\, d \text{ für } d \leqq 6\,^{\text{cm}}, \quad . \quad . \quad . \quad 114.$$

$$s = 0,262 \sqrt{d} \text{ für } d > 6\,^{\text{cm}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 115.$$

Aus Gleichung 113., 114. u. 115. kann nun eine directe Beziehung zwifchen d'', d und d' abgeleitet werden, und zwar ergiebt fich für kleinere Schrauben unter Benutzung der Gleichungen 114., 113 u. 112.

$$d = (1,139\, d' + 0,103) \text{ Centim. und } d'' = d + \frac{t}{2} = (1,171\, d' + 0,128) \text{ Centim.} \quad 116.$$

Die Tragkraft einer Schraube auf Zug ift bei der zuläffigen Beanfpruchung s' für 1 qcm gleich $\frac{d'^2 \pi}{4} s'$; es ergiebt fich fonach der der Laft P entfprechende innere Durchmeffer aus $d' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}$, oder, da man in Folge des Anfchneidens der Gewinde den äufseren Ring von 1 mm Tiefe nicht als tragfähig anfehen kann, $d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}$. Die zuläffige Beanfpruchung s' wird wegen der beim Andrehen der Mutter entftehenden Torfion [84]) in der Regel für Schrauben nur mit 600 kg angefetzt; die Gleichung für d' lautet demnach:

$$d' = 0,2 + 0,0046 \sqrt{P}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 117.$$

und für die erforderliche Anzahl n, wenn mehrere Schrauben vorhanden find,

$$n = \frac{P}{471\,(d' - 0,2)^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 118.$$

Den nach Gleichung 116. u. 117. aus der Laft ermittelten äufseren Durchmeffer d'' kann man nicht ohne Weiteres beibehalten; es ift vielmehr der nächftgröfsere der *Witworth*'fchen Scala einzuführen.

Wenn P nicht als Zug auftritt, fondern als Scherkraft, fo ergiebt fich, da die Scherftelle faft ftets im vollen Bolzen, nicht im Gewinde liegt, der äufsere Durchmeffer unmittelbar aus $\frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für einfchnittige und aus $2 \frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für zweifchnittige Abfcherung. Auch bei den Schraubenbolzen mufs der Lochlaibungs-Druck für kleine Durchmeffer im Auge behalten werden, gemäfs der Gleichung $P = d'' \delta s''$ (vergl. Art. 204, S. 141), und es ergeben fich hier ähnlich wie bei den Nieten für d die Gleichungen:

[84]) Ueber genaue Berückfichtigung der Torfionsfpannungen vergl.: Grashof, F. Theorie der Elafticität und Feftigkeit etc. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 202.

Witworth's Scala der eingängigen fcharfen Schrauben.

Nr.	Bolzen-Durchmeffer d''	Aeufserer Gewinde-Durchmeffer d		Anzahl der Gewindegänge m auf		Innerer Durchmeffer d'	Schlüffelweite der Mutter D	Belaftung	
				1 Zoll engl.	die Länge d			ohne Torfion	mit Torfion
1	0,8	1/4	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
2	0,9	5/16	0,79	18	5 5/8	0,61	1,6	79	48
3	1,1	3/8	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
4	1,2	7/16	1,11	14	6 1/8	0,88	2,1	218	131
5	1,4	1/2	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
6	1,7	5/8	1,59	11	6 7/8	1,29	2,7	560	336
7	2,0	3/4	1,90	10	7 1/2	1,58	3,2	897	538
8	2,3	7/8	2,22	9	7 7/8	1,86	3,6	1 299	779
9	2,7	1	2,54	8	8	2,13	4,1	1 755	1 053
10	3,0	1 1/8	2,86	7	7 7/8	2,39	4,5	2 260	1 356
11	3,3	1 1/4	3,18	7	8 3/4	2,72	5,0	2 993	1 796
12	3,6	1 3/8	3,49	6	8 1/4	2,95	5,4	3 564	2 138
13	3,9	1 1/2	3,81	6	9	3,27	5,8	4 441	2 665
14	4,3	1 5/8	4,13	5	8 1/8	3,48	6,3	5 070	3 042
15	4,6	1 3/4	4,45	5	8 3/4	3,80	6,7	6 107	3 664
16	4,9	1 7/8	4,76	4 1/2	8 7/16	4,00	7,2	6 949	4 169
17	5,2	2	5,08	4 1/2	9	4,36	7,6	8 155	4 893
18	5,8	2 1/4	5,72	4	9	4,91	8,5	10 454	6 272
19	6,5	2 1/2	6,35	4	10	5,54	9,4	13 438	8 063
20	7,1	2 3/4	6,99	3 1/2	9 5/8	6,06	10,3	16 182	9 709
21	7,7	3	7,62	3 1/2	10 1/2	6,69	11,2	19 849	11 909
22	8,4	3 1/4	8,26	3 1/4	10 9/16	7,26	12,1	23 488	14 093
23	9,0	3 1/2	8,89	3 1/4	11 3/8	7,89	13,0	27 867	16 720
24	9,6	3 3/4	9,53	3	11 1/4	8,44	13,8	31 996	19 198
25	10,3	4	10,16	3	12	9,07	14,7	37 076	22 245
	Centim.	Engl. Zoll.	Centim.			Centimeter		Kilogr.	

$$d'' = 2\sqrt{\frac{P}{\pi t}} \quad \text{für einfchnittige Abfcherung, } d'' \leqq 2\,\delta; \quad \ldots \quad 119.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \quad \text{für zweifchnittige Abfcherung, } d'' \leqq \delta; \quad \ldots \quad 120.$$

$$d'' = \frac{P}{s''\,\delta} \quad \begin{cases} \text{für einfchnittige Abfcherung, } d'' > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Abfcherung, } d'' > \delta. \end{cases} \quad \ldots \quad 121.$$

Wird eine Kraft durch mehrere Bolzen gemeinfam übertragen, fo ift nach Annahme des Durchmeffers d'' die Bolzenzahl n nach Gleichung 83. bis 85. zu ermitteln.

Kraftübertragung durch Flächenreibung kommt hier nicht in Frage, da die Muttern fich von felbft löfen, alfo auf Reibung überhaupt nicht gerechnet werden kann.

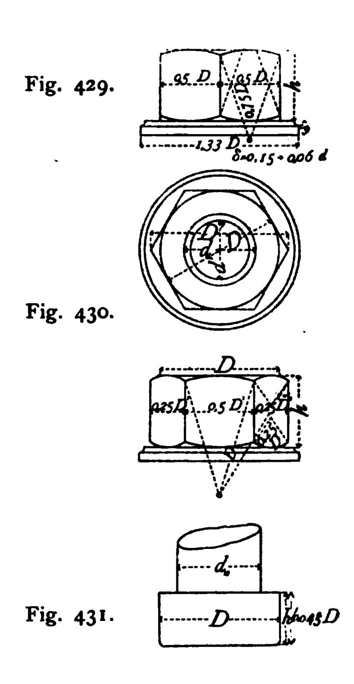
Auf Torfion mufs Rückficht genommen werden, wenn die Anfpannung der Schraube lediglich durch Andrehen der Mutter, nicht durch Anhängen von Laften nach dem Andrehen der Mutter hervorgerufen wird. Es darf in diefem Falle die zuläffige Zugfpannung nur auf $\frac{3}{5}\,s'$ getrieben werden, und es folgt fomit der innere Gewindedurchmeffer für diefen Fall aus $d' = 0{,}2 + 0{,}059\,\sqrt{P}$. Hiernach ift die letzte Spalte der vorftehenden Scala berechnet.

222. Schraubenmutter.

Die **Schraubenmutter** wird für einfache Fälle wohl rund oder quadratifch geformt; jedoch läfft fich die runde Mutter fchwer andrehen; die quadratifche enthält viel Material. Am beften ift die fechseckige Mutter, da fie wenig überflüffiges

Material enthält und doch das Auffetzen eines Schlüffels erlaubt; fie braucht auch nur um 60 Grad gedreht zu werden, um das feitliche Anfetzen des Schlüffels von Neuem zu geftatten.

Um beim Andrehen keine zu grofse Berührungsfläche zu erhalten, wird die Mutter unten nach einer Kugel abgerundet, meift auch oben, um eine Contre-Mutter nachfchrauben, auch die Mutter umdrehen zu können; fie fitzt alfo nur mit einer fchmalen Ringfläche auf. Die Schlüffelweite D wird aus der umftehenden Tabelle oder aus der Formel $D = (0{,}5 + 1{,}4\ d)$ Centim. beftimmt, welche auf gleicher Sicherheit der Auflager-Ringfläche gegen Druck und des Bolzens beruht; der Durchmeffer des umfchriebenen Kreifes ift dann $D' = (0{,}6 + 1{,}62\ d)$ Centim.


Fig. 429. Fig. 430. Fig. 431.

Die Höhe h der Mutter mufs fo bemeffen werden, dafs der Zug im Bolzen die Gewindegänge in der Mutter nicht ausfcheren kann, d. h. es mufs mindeftens $t\,d'\,\pi\,h = \frac{s'\,d'^2\,\pi}{4}$, alfo $h = \frac{1}{4}\,\frac{s'}{t}\,d'$ fein. Nimmt man Rückficht darauf, dafs etwa auf $\frac{1}{6}$ der abzufcherenden Fläche das Material durch das Schneiden der Gewinde verletzt ift, fo würde gefetzt werden müffen $h = \frac{6}{5}\,\frac{1}{4}\,\frac{s'}{t}\,d'$, und nimmt man im Mittel $d' = \frac{8}{10}\,d$ und $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ an, fo ergiebt fich $h = \frac{5.4.4.10}{6.5.8}\,d = \frac{3}{10}\,d$. Muttern diefer geringften Höhe nutzen fich ftark ab; man fteigert die Höhe daher thatfächlich wohl bis $h = d$, und für folche Schrauben, die oft gelöst und wieder angedreht werden müffen, bis $h = D$. Hat der Bolzen keinen Zug, fondern nur Abfcherung zu übertragen, fo macht man h nie gröfser als $0{,}8\ d$, da die Mutter dann ganz unbelaftet ift. Eine gewöhnliche Mutterform zeigen Fig. 429 u. 430, worin auch eine zur Vertheilung des Mutterdruckes auf eine grofse Fläche der Unterlage beftimmte Unterlegfcheibe mit dargeftellt ift.

223. Schraubenkopf.

Der Schraubenbolzen wird in der Regel am einen Ende mit Gewinde verfehen; am anderen erhält er ftatt deffen einen feften Kopf, welcher meift ein Quadrat von der Seitenlänge D bildet und die Höhe $h = 0{,}45\ D$ erhält (Fig. 431). In feltenen Fällen wird der Kopf fechseckig geformt.

224. Befondere Formen von Mutter und Kopf.

Befondere Formen von Mutter und Kopf entftehen in folgenden Fällen.

Soll die Mutter nicht vor den verbundenen Theilen vorftehen, fo fetzt man fie in eine Vertiefung, welche fo weit gemacht wird, dafs die Wandftärke des am Ende ein entfprechendes fechseckiges Loch zeigenden Stockfchlüffels aus Rundeifen mit doppeltem Handgriff darin Platz findet, oder man macht die Mutter kreisrund und giebt ihr in der Oberfläche 2 Löcher, um fie mit dem zweizinkigen Zirkelfchlüffel in die gleich weite kreisrunde Vertiefung drehen zu können. Beim Andrehen der Mutter dreht fich der Bolzen leicht mit; man mufs daher mittels eines Schraubenfchlüffels am Kopfe, welcher defshalb die Maulweite D erhält, gegen halten. Geht dies nicht, fo bringt man am unteren Schafttheile oder Kopfe geeignete Vorrichtungen zur Verhinderung der Drehung an.

Ift eine feft angezogene Schraube dauernd Erfchütterungen ausgefetzt, fo löst fich die Mutter allmählich von felbft, indem die Reibung zwifchen Mutter und Bolzengewinde durch die Vibrationen überwunden wird. Man verwendet defs-

halb für die Bau-Conftructionen geeignete Vorkehrungen gegen das Losdrehen der Muttern.

225. Schrauben-verbindungen.

Wirken die Schrauben einfach auf Zug, fo ift d' nach den Gleichungen 117. u. 118. zu beftimmen, welche, wenn mehrere Schrauben die Laft P übertragen, auch die Anzahl n derfelben ergeben.

Auf Abfcherung ergiebt fich der Bolzendurchmeffer d'' für die Kraft P nach Gleichung 119. bis 121.; find mehrere Bolzen des Durchmeffers d'' zu verwenden, fo ergiebt fich die erforderliche Anzahl n aus:

$$n = \frac{4\,P}{\pi\, t\, d''^2} \text{ für einfchnittige Bolzen, } d'' \overline{\gtrless} 2\,\delta; \quad \ldots \quad 122.$$

$$n = \frac{2\,P}{\pi\, t\, d''^2} \text{ für zweifchnittige Bolzen, } d'' \overline{\gtrless} \delta; \quad \ldots \quad 123.$$

$$n = \frac{P}{s''\,\delta\, d''} \begin{cases} \text{für einfchnittige Bolzen, } d'' > 2\,\delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Bolzen, } d'' > \delta. \end{cases} \quad \ldots \quad 124.$$

Wird der Bolzen des Durchmeffers d'' zugleich auf den Zug S und die Abfcherung T, d. h. fchräg beanfprucht, und bezeichnet d_z den dem Zuge S allein genügenden Rundeifen-Durchmeffer, fo mache man

$$d_{,,} = d_z \sqrt{\frac{1}{8}\left(3 + 5\sqrt{1 + \left[\frac{2\,T}{S}\right]^2}\right)}; \quad \ldots \quad 115.$$

für $T = S$ wird $d'' = 1{,}33\ d_z$.

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeifen-Tabelle feft geftellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwifchen Kopf und Mutter

7 Bolzendurchmeffer für fechseckige Muttern und Köpfe,
8 » » viereckige » » »

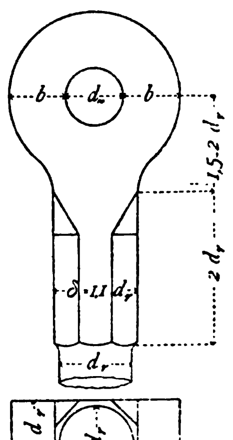
hinzuzählt.

c) Bolzenverbindungen.

226. Bedingungen.

Für Bauzwecke ift der Anfchlufs von Rundeifenftangen mittels angeftauchten oder angefchweifsten Auges und cylindrifchen Verbindungsbolzens an andere Theile, meift Bleche, von befonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 432) oder länglich (Fig. 433) geformt. Bezeichnet δ die geringere der Stärken der beiden Theile (Auge des Befeftigungsbolzens und Anfchlufsblech), fo ift auch hier für einfchnittigen Anfchlufs

Fig. 432.



$$\delta\, d_{,,}\, s'' \overline{\gtrless} \frac{d_{,,}^2\,\pi}{4}\, t$$

die Bedingung, dafs Abfcherung, nicht Lochlaibungs-Druck in Frage kommt; eben fo für zweifchnittigen Anfchlufs

$$\delta\, d_{,,}\, s'' = 2\, \frac{d_{,,}^2\,\pi}{4}\, t.$$

Hierin ift $\frac{s''}{t} = 1{,}9$ zu fetzen, da in den Schraubenbolzen meift nicht befferes Material fteckt, als in den Rundeifen und Blechen, und es lauten demnach die obigen Bedingungen: Abfcherung kommt in Frage bei einfchnittigen Bolzen, wenn $d_{,,} \overline{\gtrless} 2{,}4\ \delta$, bei zweifchnittigen Bolzen, wenn $d_{,,} \overline{\gtrless} 1{,}2\ \delta$. Ift $d_{,,}$ gröfser, fo ift in beiden Fällen auf Lochlaibungs-Druck zu rechnen.

227. Kreisförmiges Bolzenauge.

Das kreisförmige Bolzenauge (Fig. 432) wird in der Regel dadurch hergestellt, dass man den voll mit s' beanspruchten Rundeisen-Durchmesser d_r in ein Achteck der Maulweite $\delta = 1{,}1\ d_r$, dieses in ein Quadrat der Seite $\delta = 1{,}1\ d_r$ und dieses in das kreisförmige Auge der Randstärke b und des Augendurchmessers $d_{\prime\prime}$ übergehen lässt.

Bezeichnet, wie früher, s' die zulässige Zugspannung, t die zulässige Scherspannung im Rundeisen, Verbindungsbolzen und Anschlussbleche, so kann man hier $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ setzen; wie früher ist auch im vorliegenden Falle der Lochlaibungs-Druck $s'' = 1{,}5\ s'$ anzunehmen. Der Augendurchmesser muss nun sein:

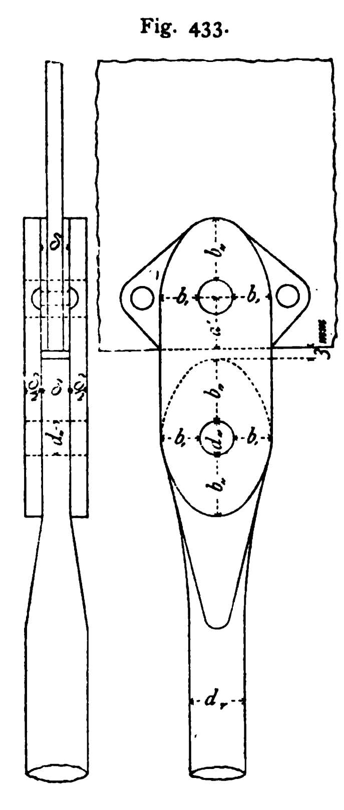
$d_{\prime\prime} = 1{,}12\ d_r$ für einschnittige Bolzen, wenn sich $d_{\prime\prime} \overline{\gtrless} 2{,}4\ \delta$, . . 126.

$d_{\prime\prime} = 0{,}79\ d_r$ für zweischnittige Bolzen, wenn sich $d_{\prime\prime} \overline{\gtrless} 1{,}2\ \delta$, . . 127.

$d_{\prime\prime} = 0{,}52\ d_r \frac{d_r}{\delta}$ für einschnittige Bolzen, wenn sich $d_{\prime\prime} > 2{,}4\ \delta$ und für zweischnittige Bolzen, wenn sich $d_{\prime\prime} > 1{,}2\ \delta$ } 128.

ergiebt.

Im Bolzenauge selbst ist $\delta = 1{,}1\ d_r$; daher lautet für das Auge die Gleichung 128.: $d_{\prime\prime} = 0{,}48\ d_r$. Bei der Benutzung dieser Formel ist für δ sowohl die Augenstärke, wie andererseits die Stärke des Theiles in Rücksicht zu ziehen, an welchen der Anschluss erfolgt.


Fig. 433.

Die Randbreite b des Auges ist gleich $0{,}72\ d_r$ zu machen. Sollte irgend wo an die Rundeisenstange ein Schraubengewinde angeschnitten sein, so ist als d_r der innere Gewindedurchmesser d' einzuführen, für den hier jedoch nicht, wie in Gleichung 117., die zulässige Zugspannung auf 600 kg pro 1 qcm ermäsigt zu werden braucht.

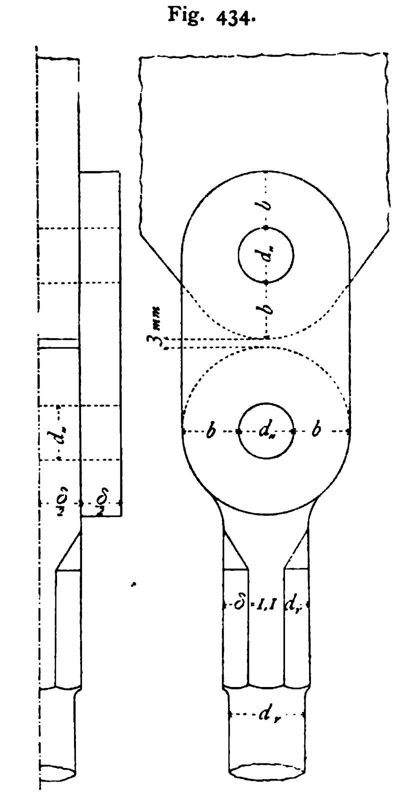
In vielen Fällen ergiebt sich für das kreisförmige Auge nach Fig. 432 eine Stärke δ, welche erheblich gröser ist, als die desjenigen Theiles, an welchen der Anschluss erfolgt; der Durchmesser $d_{\prime\prime}$ ist dann nach der geringeren Stärke δ_1 dieses Theiles zu bemessen und wirkt auf die Bildung des Auges äusserst ungünstig ein. Man kann dann die Stärke δ im Anschlussbleche dadurch erreichen, dass man dasselbe durch einseitiges oder zweiseitiges Auflegen von Blechen um $\delta - \delta_1 = \delta_2$ verstärkt, muss aber diese Verstärkungen mit dem Anschlussbleche vor Auflegen des Auges oder seiner Laschen mit einer Anzahl von Nieten verbinden, welche nach Gleichung 83. bis 85. (S. 142) aus der Kraftgröse $\frac{P\,\delta_2}{\delta}$ zu ermitteln ist; diese Niete sind, so weit sie sich ganz oder zum Theile in der Autlagerfläche des Auges oder der Laschen befinden, beiderseits zu versenken.

228. Gabelförmiges Doppelauge.

Der Anschluss solcher Theile soll stets zweiseitig, nur bei ganz untergeordneten gering belasteten Gliedern einschnittig erfolgen. Unmittelbar lässt sich der doppelte Anschluss nur erreichen, wenn man ein gabelförmiges Doppelauge mit einem Schlitze gleich der Dicke des Anschlussbleches an die Stange schweisst. Das Schmieden und Schweissen dieser Gabelaugen ist aber schwierig und theuer; es ist deshalb für Bau-

arbeiten dieſer Anſchluſs entweder zu koſtſpielig oder unſolide. Nur bei gegoſſenen Druckgliedern iſt die Verwendung dieſer complicirten Form zuläſſig; bei ſchmiedeeiſernen Theilen ſoll der Anſchluſs durch doppelte Laſchung erfolgen, wobei man die Laſchen mit der Stärke $\frac{\delta}{2}$ und nach der Form eines doppelten Auges (Fig. 433 u. 434) mit 3 mm Spielraum zwiſchen dem Stangenauge und dem Anſchluſsbleche ausbildet.

Fig. 434.



Häufig ſind auch derartige Anſchlüſſe, in denen ſich von der einen Seite die Augen zweier ſchwächeren, von der anderen das Auge einer ſtärkeren Zugſtange ohne Mittelglieder auf den Bolzen hängen.

Werden mehrere Glieder durch einen Bolzen verbunden, ſo iſt auch hier nach Maſsgabe des in Art. 203 (S. 140) zu Fig. 411 u. 412 Geſagten darauf zu achten, daſs die Biegungsſpannungen im Bolzen durch zweckmäſsige Anordnung der Theile zu einander thunlichſt klein gehalten werden.

229. Elliptiſches Bolzenauge.

Das elliptiſche Bolzenauge (Fig. 433) wird faſt immer verwendet, wenn es ſich um den Anſchluſs von Flacheiſen handelt, jedoch auch häufig in den Anſchlüſſen von Rundeiſen. In beiden Fällen wird das Auge meiſt durch Stauchen und Ausſchmieden erzielt. Da man aber beim Ausſchmieden bezüglich der Augendicke δ von der Dicke des Flach- oder Rundeiſens unabhängig iſt, ſo wird man ſie der Dicke des Anſchluſstheiles anzupaſſen ſtreben, ſie aber jedenfalls ſo bemeſſen, daſs der Gelenkbolzen von der Laſt P auf Lochlaibungs-Druck und Abſcherung in gleichem Maſse gefährdet wird. Man macht daher

$$d_{,,} = 2\sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einſchnittige Abſcherung, } \quad 129.$$

$$d_{,,} = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweiſchnittige Abſcherung } \quad 130.$$

und hiernach dann gemäſs

$$\delta\, d_{,,}\, s'' = \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t \text{ für einſchnittige,}$$

$$\delta\, d_{,,}\, s'' = 2\, \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t \text{ für zweiſchnittige Bolzen, bei } s'' = 1{,}9\ t,$$

$$\delta = 0{,}42\ d_{,,} \text{ für einſchnittige Bolzen, } \quad 131.$$

$$\delta = 0{,}83\ d_{,,} \text{ für zweiſchnittige Bolzen } \quad 132.$$

Sollte der Anſchluſstheil erheblich ſchwächer ſein als δ, etwa δ_1 ſtark, ſo muſs man ihn zunächſt wieder durch geſondert aufgenietete, thunlichſt beiderſeitige Zulagebleche der Geſammtſtärke $\delta_{,,} = \delta - \delta_1$ verdicken. Nimmt man dieſe Verdickung des zu ſchwachen Anſchluſsbleches nicht vor, ſo muſs der Bolzendurchmeſſer auf Lochlaibungs-Druck im Anſchluſsbleche bemeſſen werden, und man erhält alsdann meiſt übermäſsig weite Augen.

Das Auge felbft wird nun meift fo geformt, dafs die Breite des Randes neben dem Auge b_1 auf die einfache Zugfpannung s' berechnet der Laft $\frac{3}{4} P$, die hinter dem Auge $b_{\prime\prime}$ der Laft $\frac{5}{4} P$ entfpricht. Es ergiebt fich dann unter Benutzung der Gleichungen 129. bis 132., bei $s' = \frac{5}{4} t$,

$b_1 = 1{,}12\, d_{\prime\prime}$ für ein- und zweifchnittige Bolzen, ... 133.

$b_{\prime\prime} = 1{,}87\, d_{\prime\prime}$ für ein- und zweifchnittige Bolzen . . . . 134.

Beifpiel. Eine Kraft von 5000 kg foll durch ein Rundeifen, welches am einen Ende ein Schraubengewinde trägt, am anderen an ein Anfchlufsblech von 1 cm Stärke abgegeben werden.

Der innere Gewindedurchmeffer der Stange ift nach Gleichung 117., wenn dort wegen fehlender Torfion s' ftatt mit 600 mit 750 kg eingeführt wird, $d' = 0{,}2 + 2 \sqrt{\frac{5000}{\pi \cdot 750}} = 3{,}12$ cm, wozu nach der *Witworth*'fchen Scala (S. 153) als nächft gröfseres das Rundeifen Nr. 13 mit $d_r = 3{,}9$ cm Brutto-Durchmeffer gehört.

Der Anfchlufs erfolgt zweifchnittig durch doppelte Lafchung; es mufs daher der Durchmeffer des Anfchlufsbolzens nach Gleichung 130. $d_{\prime\prime} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{3{,}14 \cdot 600}} = 2{,}3$ cm fein, wenn $t = 600$ kg Abfcherungsfpannung zugelaffen werden.

Nach Gleichung 132. folgt weiter $\delta = 0{,}83\, d_{\prime\prime} = 0{,}83 \cdot 2{,}3 = 1{,}9$ cm; es mufs alfo das Anfchlufsblech um 0,9 cm einfeitig oder beffer um 0,45 cm beiderfeitig verftärkt werden. Es foll $\delta = 2$ cm gemacht, das Anfchlufsblech auf jeder Seite um 0,5 cm verftärkt werden.

Weiter wird noch nach Gleichung 133. $b_1 = 1{,}12\, d_{\prime\prime} = 1{,}12 \cdot 2{,}3 = 2{,}6$ cm und nach Gleichung 134. $b_{\prime\prime} = 1{,}87\, d_{\prime\prime} = 1{,}87 \cdot 2{,}3 = 4{,}3$ cm.

Jede der beiderfeitig aufzulegenden Lafchen wird nun 1 cm ftark, und die Ausfchmiedung des Rundeifens in das glatte Auge mufs fo angeordnet werden, dafs mindeftens überall die volle Querfchnittsfläche eines Kreifes vom Durchmeffer $d' = 3{,}12$ cm vorhanden ift.

Die Kraft, welche aus jeder Verftärkung an das Anfchlufsblech abgegeben werden mufs, beträgt $\frac{5000 \cdot 0{,}5}{2} = 1250$ kg. Die für jede Verftärkung einfchnittigen Uebertragungsniete erhalten nach Gleichung 82. (S. 142) $d = 2 \cdot 0{,}5 = 1$ cm Durchmeffer, und ihre Anzahl ift nach Gleichung 83. $n = \frac{1250 \cdot 4}{1^2 \cdot 3{,}14 \cdot 750}$, wenn die Scherfpannung im Niete zu 750 kg pro 1 qcm gefetzt wird, alfo $n = 2$. Die für die zweite Verftärkung gleichfalls einfchnittigen, anderen Längenhälften diefer Bolzen bewirken dort den Anfchlufs, fo dafs 2 Niete zum Anfchluffe beider Verftärkungen genügen. Im verftärkten Anfchlufsbleche braucht der Bolzen nur um das aus Gleichung 103. (S. 145) folgende Mafs $a' = 2{,}3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'}\right)$ abzuftehen; für $\frac{s''}{t'} = 1{,}9$ ergiebt fich $a' = 2{,}3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1{,}9}{2}\right) =$ rund 3,5 cm. Die berechnete Anordnung ift in Fig. 433 dargeftellt.

Die Befeftigungsbolzen diefer Verbindungen ordnet man häufig ganz ohne Mutter, nur mit einem fchwachen durchgefteckten Splinte, welcher blofs das Herausfallen des Bolzens zu verhindern hat, an.

d) Keile und Splinte, Keil- und Splintverbindungen.

230.
Keile und Splinte.

Der Unterfchied zwifchen Keilen und Splinten befteht darin, dafs Splinte keine Abfcherungsfpannung in Folge des Einfteckens oder Eintreibens erleiden, fondern nur nachträgliche Löfung der Verbindung verhindern, während Keile durch ihre Form beim Einfetzen in den verbundenen Theilen Spannungen erzeugen. Die regelmäfsige Querfchnittsform beider ift das Rechteck mit der gröfseren Seite in der Kraftrichtung; Splinte, welche überhaupt keine Spannungen erleiden, nur zufälliges

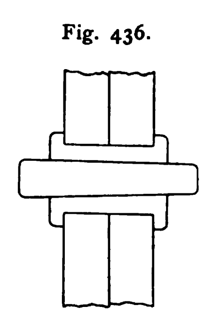
Löſen einzelner Theile verhindern ſollen, werden meiſt als kreisrunde Stifte ausgebildet. Die rechteckigen Splinte unterſcheiden ſich von den Keilen durch die Längenanſicht, welche bei erſteren rechteckig, bei letzteren des Keilanzuges wegen trapezförmig iſt; der Anzug beträgt gewöhnlich $^1/_{25}$ bis $^1/_{20}$ der Länge; nur wenn man eine ſelbſtthätige Löſung durch beſondere Vorkehrungen verhindert, macht man ihn gröſser, etwa $^1/_8$ bis $^1/_6$ der Länge.

Da ein einfacher Keil ſeiner Form wegen im rechteckigen Loche immer nur mit einer Kante anliegen kann und hier Zerſtörungen hervorruft, und da man dieſen Mangel aber auch durch entſprechend trapezförmig hergeſtellte Keillöcher nicht ganz beſeitigen kann, ſo verwendet man für ſchwere Conſtructionen gern Doppelkeile, welche ſtets parallele Kanten geben (Fig. 435), oder dreifache Keile, deren beide Auſsentheile die zu verbindenden Theile mit Naſen umfaſſen (Fig. 436). Es muſs dabei die Summe der Naſenbreiten kleiner ſein, als der kleinſte Abſtand zwiſchen den Auſsentheilen, da ſonſt die Auſsentheile nicht eingebracht werden können.

Fig. 435.

Bei mehrfachen Keilen nennt man die Theile, welche die zu verbindenden Stücke mit Naſen umfaſſen, Naſenkeile, den eigentlichen Treibkeil Setzkeil. Die Kanten des einen Keilſtückes, welche ſich auf der ſchrägen Fläche des anderen zu bewegen haben, rundet man etwas ab, damit kein Einfreſſen vorkommt.

Fig. 436.



Der rechteckige Querſchnitt der Keile und Splinte wird wohl beiderſeits nach einem Halbkreiſe abgerundet, damit die verbundenen Theile eben ſo beanſprucht werden, wie durch Niet- oder Schrauben- oder Befeſtigungs-Bolzen.

Um die Keile nachträglich nachziehen zu können, macht man die Keillöcher in den zu verbindenden Theilen etwas zu lang, ſo daſs ſie auf der unbelaſteten Seite nicht ganz am Keile anliegen.

Um ſelbſtthätiges Löſen der Keile zu verhindern, ſteckt man bei einfachen Keilen einen Splint durch ein Bohrloch am dünnen Ende oder durch die verbundenen Theile und den Keil gemeinſam, in welchem Falle man behufs Erleichterung ſpäteren Nachziehens auch eine kleine Druckſchraube verwenden kann. Doppelkeile und dreifache können ſich nicht löſen, wenn die Theile nachträglich feſt mit einander verbunden werden.

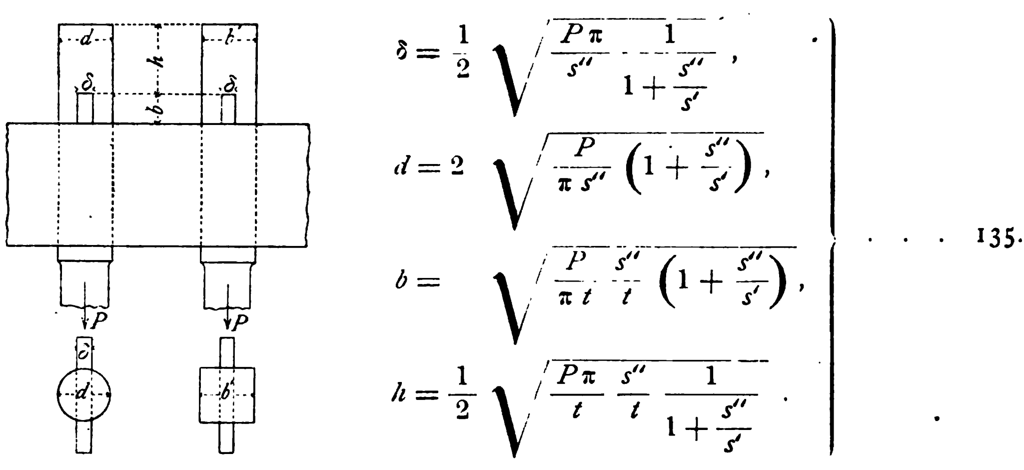
231. Berechnung der Keile und Splinte.

Rechteckige Keile, bezw. Splinte vorausgeſetzt, muſs unter dem Zuge P die Stange neben dem Keile eben ſo leicht abreiſsen, wie die beiden Keil-Endflächen, und eine der in den Keilflanken liegenden Ebenen im hinteren Stangenkopfe ab-, bezw. ausgeſchoren werden; ſchlieſslich darf der Lochlaibungs-Druck s'' hinter dem Keile das zuläſſige Maſs nicht überſchreiten. Die vorletzte Annahme macht man, weil die Keile ſelten ſo genau paſſen, daſs ſie mit ihrer ganzen Fläche gleichmäſsig im Loche anliegen; meiſt muſs eine Kante die Laſt vorwiegend tragen.

Es ſei, wie früher, t die zuläſſige Scherſpannung im Keile und in der Stange, s' die zuläſſige Zugſpannung in letzterer. Für das Rundeiſen (Fig. 437) ergeben ſich folgende 4 Gleichungen:

$$\left(\frac{d^2 \pi}{4} - d\,\delta\right) s' = P, \quad 2\,b\,\delta\,t = P, \quad d\,h\,t = P \quad \text{und} \quad d\,\delta\,s'' = P;$$

Fig. 437. Fig. 438. daraus folgt:



$$\left.\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P\pi}{s''}\,\frac{1}{1+\frac{s''}{s'}}}\,, \\ d &= 2\sqrt{\frac{P}{\pi\, s''}\left(1+\frac{s''}{s'}\right)}\,, \\ b &= \sqrt{\frac{P}{\pi\, t}\,\frac{s''}{t}\left(1+\frac{s''}{s'}\right)}\,, \\ h &= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P\pi}{t}\,\frac{s''}{t}\,\frac{1}{1+\frac{s''}{s'}}}\,. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 135.$$

Soll z. B. eine eiferne Stange mittels eifernen Keiles 3500 kg tragen, fo ift $\frac{s''}{t} = 1{,}9$ und $\frac{s''}{s'} = 1{,}5$ zu fetzen, und macht man $s' = 800$ kg, fo ift $t = 640$ und $s'' = 1200$ kg. Gleichung 135. liefert alsdann folgende Werthe:

$\delta = 0{,}95$ cm, $d = 3{,}03$ cm, $b = 2{,}88$ cm und $h = 1{,}81$ cm,

welche für die Ausführung abgerundet werden.

Für das Quadrateifen (Fig. 438) lauten die Gleichungen:

$$b'(b'-\delta)\,s' = P, \quad 2\,b\,\delta\,t = P, \quad b'\,h\,t = P \quad \text{und} \quad b'\,\delta\,s'' = P,$$

und daraus folgt:

$$\left.\begin{aligned} \delta &= \sqrt{\frac{P}{s'+s''}\,\frac{s'}{s''}}\,, & b' &= \sqrt{P\,\frac{s'+s''}{s'\,s''}}\,, \\ b &= \frac{1}{2}\sqrt{\frac{P}{s'}\,\frac{s'+s''}{t}\,\frac{s''}{t}}\,, & h &= \sqrt{\frac{P}{s'+s''}\,\frac{s'}{t}\,\frac{s''}{t}}\,. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 136.$$

Für obiges Beifpiel giebt Gleichung 136. die Werthe:

$\delta = 1{,}08$ cm, $b' = 2{,}7$ cm, $b = 2{,}56$ cm und $h = 2{,}08$ cm.

Meiftens wird man die Enden der Eifen vor Herftellung des Loches behufs Ausführung obiger Mafse etwas anftauchen, fo dafs die Abmeffungen d und b' nicht in der ganzen Stange durchgeführt zu werden brauchen, fondern auf die der Fläche $\frac{P}{s'}$ entfprechenden Mafse vermindert werden können (Fig. 437 u. 438).

Für das Flacheifen (Fig. 439) des Querfchnittes $\frac{P}{s'}$ und der Dicke δ' ergeben

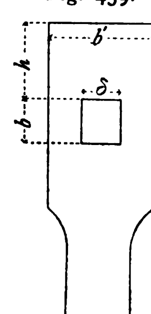
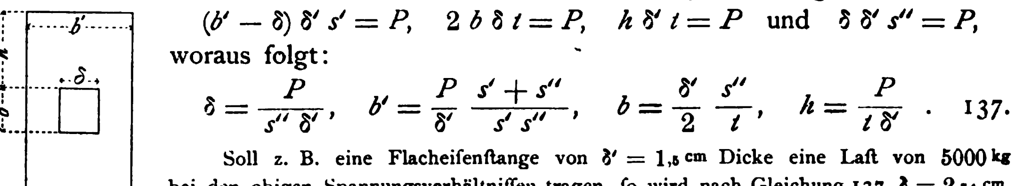


Fig. 439.

fich die Mafse im Keilanfchluffe aus den 4 Gleichungen:



$$(b'-\delta)\,\delta'\,s' = P, \quad 2\,b\,\delta\,t = P, \quad h\,\delta'\,t = P \quad \text{und} \quad \delta\,\delta'\,s'' = P,$$

woraus folgt:

$$\delta = \frac{P}{s''\,\delta'}, \quad b' = \frac{P}{\delta'}\,\frac{s'+s''}{s'\,s''}, \quad b = \frac{\delta'}{2}\,\frac{s''}{t}, \quad h = \frac{P}{t\,\delta'} \quad . \quad 137.$$

Soll z. B. eine Flacheifenftange von $\delta' = 1{,}5$ cm Dicke eine Laft von 5000 kg bei den obigen Spannungsverhältniffen tragen, fo wird nach Gleichung 137. $\delta = 2{,}74$ cm, $b' = 7$ cm, $b = 1{,}43$ cm und $h = 5{,}2$ cm. Die Stangenbreite felbft ift $\frac{5000}{800 \cdot 1{,}5} = 4{,}2$ cm.

Es wird nun nach diefen Gleichungen für gleiche Sicherheit in allen Theilen für Flacheifen faft regelmäfsig, für Rund- und Quadrateifen häufig die Keilbreite b fo gering, dafs man fie für die Aus-

führung über das berechnete Mafs hinaus vergröfsern mufs; es find dann alle anderen Mafse beizubehalten; der ganze Anfchlufs ift aber um das Mafs, das dem theoretifchen b zugefetzt wurde, zu verlängern.

Die Vergröfserung von b wird immer nöthig bei Doppelkeilen und dreifachen Keilen, weil fonft die einzelnen Theile unausführbar geringe Breitenabmeffungen erhielten. Man macht

$$b = 3\,\delta \text{ bis } 4\,\delta \text{ für Doppelkeile und}$$
$$b = 4\,\delta \text{ bis } 5\,\delta \text{ für dreifache Keile.}$$

Selbftverftändlich mufs der Keil an beiden Seiten des angefchloffenen Theiles fo viel Auflagerlänge haben, dafs auch hier der zuläffige Flächendruck auf den ftützenden Theilen nicht überfchritten wird.

Sehr häufig werden Keilanfchlüffe, namentlich mit abgerundeten Keilen, auch nach den zu Fig. 432 bis 434 gegebenen Regeln ausgeführt, indem man die Augen um fo viel verlängert, wie die Keillänge b den zu den Figuren gehörenden Bolzendurchmeffer d'' übertrifft.

2. Kapitel.

Verlängerung von Eifentheilen.

232. Allgemeine Regeln.

Die Verlängerung von Eifentheilen kommt hier nur für Schmiedeeifen-Conftructionen in Frage.

Die Verlängerung einfacher Querfchnitte in Schmiedeeifen ift zum Theile bereits bei den Verbindungen durch Niete (Fig. 407 bis 410), Schrauben (Fig. 433 u. 434) und Keile (Fig. 437 bis 439) behandelt worden, da alle dort für Anfchlüffe an anderweitige Theile gegebenen Formen auch für den Zufammenfchlufs gleichartiger Theile verwendet werden können.

Die bei Verlängerungen zu beobachtenden allgemeinen Regeln find folgende:

1) Die Mittelkraft aller Spannungen mufs in fämmtlichen Theilen der Verbindung in die Schwerpunktsaxe der verbindenden und verbundenen Theile fallen.

2) Derjenige Querfchnitt der verlängerten, bezw. verbindenden Theile, welcher durch die bei faft allen Verbindungen nöthige Lochung am meiften gefchwächt ift, mufs auch den vom ganzen Gliede verlangten Sicherheitsgrad befitzen. Es mufs daher entweder das ganze Glied um die Verfchwächung in der Verbindung mit Rückficht auf das bei den Nietungen (in Art. 200, S. 138 u. 216, S. 148) Gefagte verftärkt werden, oder man mufs dem Theile ein befonders geformtes Verbindungsglied anfchweifsen oder anftauchen, wie in Fig. 433, 434, 437 u. 438.

3) Die verbindenden Theile: Niete, Schrauben, Keile etc., follen in fich auf Abfcherung, Biegung und Lochlaibungs-Druck denfelben Sicherheitsgrad befitzen, wie die verbundenen Theile an der fchwächften Stelle. Bezeichnet s'_a die zuläffige Normalfpannung in den verbundenen Theilen und etwaigen Lafchen, s'_b in den verbindenden, s'' den zuläffigen Lochlaibungs-Druck, t die zuläffige Scherfpannung in den verbindenden, t' in den verbundenen Theilen und Lafchen, fo kann man nach den gemachten Erfahrungen folgende Verhältniffe diefer Spannungsgröfsen einführen, wenn die verbindenden Theile als aus befonders gutem Materiale hergeftellt angenommen werden:

$$\frac{s'_b}{s'_a} = 1{,}25\,, \quad \frac{t}{s'_a} = 1\,, \quad \frac{t'}{s'_a} = 0{,}8 \quad \text{und} \quad \frac{s''}{s'_a} = 1{,}5 \quad . \quad . \quad . \quad 138.$$

4) Die verbundenen Theile müffen hinter der Lochung für die verbindenden noch ftark genug fein, um nicht auszureifsen, bezw. ausgefchert zu werden.

5) Bei Verlängerung gedrückter Glieder rechnet man felten auf Kraftübertragung durch Flächendruck; meift macht man die verbindenden Theile, wie bei Zug, ftark genug zur Uebertragung der ganzen Kraft.

Nach diefen Regeln laffen fich die Verlängerungen eintheiliger Querfchnitte unter Benutzung der im vorhergehenden Kapitel gegebenen Formeln ftets ausführen.

Nietverbindungen kommen hauptfächlich bei Verlängerung von Flacheifen, Profileifen und Eifentheilen zufammengefetzten Querfchnittes, Keile faft nur bei Verlängerung von Flacheifen, Schrauben bei Verlängerung von Rundeifen zur Anwendung. Bei Flacheifen find früher vielfach, gegenwärtig feltener auch noch andere Verbindungsweifen benutzt.

a) Verlängerung von Flacheifen und Rundeifen.

233. Verlängerung von Flacheifen.

Für die Verlängerung von Conftructionstheilen, die aus Flacheifen gebildet find, werden hauptfächlich die nachftehenden Mittel verwendet.

1) Klammerverbindung (Fig. 440[85]). Eine nach Art der Holzklammern (fiehe Art. 121, S. 96) geftaltete Klammer bewirkt die Vereinigung der beiden zu verbindenden Theile; an einem der letzteren ift ein Haken, am anderen ein Auge angefchmiedet; eben fo ift die Klammer am einen Ende mit einem Haken, am anderen mit einer Oefe verfehen[86].

Fig. 440.

2) Splintverbindung, deren Anordnung aus Fig. 441 u. 442[85]) ohne Weiteres erfichtlich ift.

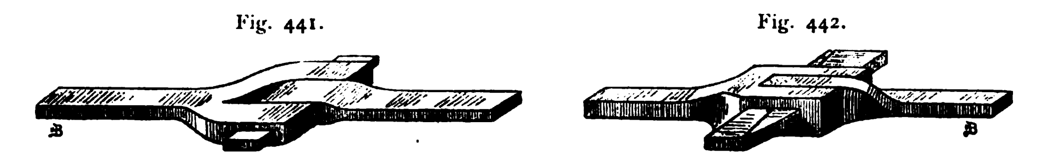


Fig. 441. Fig. 442.

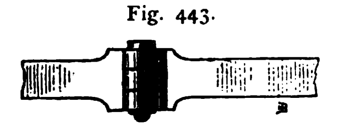


Fig. 443.

3) Gelenkbolzen- oder Charnier-Verbindung (Fig. 443), deren Bolzen mit oder ohne Schraubengewinde gebildet ift.

4) Keil-, bezw. Splintverbindung unter Zuhilfenahme von Ringen. An die Enden der zu verbindenden Theile werden Nafen angefchmiedet; die in entgegengefetztem Sinne angeordneten Nafen werden in der durch Fig. 444 u. 445[85]) veranfchaulichten Weife

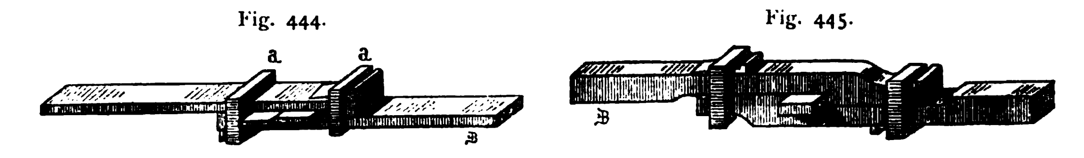


Fig. 444. Fig. 445.

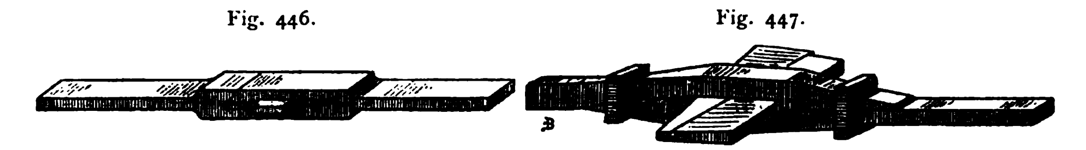
[85]) Facf.-Repr. nach: *Gazette des arch.* 1873, S. 76 u. 77.

[86]) Diefe Verbindungsweife ift von *Pierre de Montereau* in der *Sainte-Chapelle* zu Paris in Anwendung gekommen die Verbindungsklammern find nach Art der Ketten in gröfserer Zahl an einander gereiht.

an einander gelegt und durch Keile, bezw. Splinte aus einander gehalten; zwei eiſerne Ringe *a* haben die Löſung der Verbindung zu verhüten.

Bei den in Fig. 444 u. 445 dargeſtellten Verbindungen ſind noch beſondere Hilfsſtücke erforderlich; wo Keile in Anwendung ſind, iſt ein Anſpannen des betreffenden Conſtructionstheiles möglich.

Fig. 446. Fig. 447.



5) Verzahnung (Fig. 446 u. 447[85]). Auch hier wird häufig das Umlegen von zwei Eiſenringen um die Verbindungsſtelle nothwendig.

6) Vernietung. Bei Verlängerung von Flacheiſen kommt der einſeitige oder doppelte Anſchluſs, bezw. die einfache oder doppelte Verlaſchung (ſiehe Art. 212 bis 215, S. 146 bis 148) zur Verwendung.

Dieſe Verbindungen ſind bis auf die unter 6 angeführten Vernietungen den altgewohnten Holzverbindungen nachgebildet, deren Geſtalt ſie gröſstentheils mit unweſentlichen Veränderungen beibehalten haben. Sie können heute als veraltet angeſehen werden, da ſie faſt durchweg durch die Verbindungen unter 6 und die im Nachfolgenden zu beſprechenden verdrängt ſind; nur die unter 3 angeführte Verbindung findet ſich noch häufig bei Thür-, Fenſter- und Kaſtenbeſchlägen. Der Grund des Verſchwindens dieſer früher meiſt verwendeten Verbindungen liegt darin, daſs ihre Form dem Weſen des Eiſens wenig entſpricht und daher hohe Herſtellungskoſten verurſacht.

Die geſchweiſsten Augen, wie in Fig. 441, ſind wegen der Schweiſsung unzuverläſſig; eben ſo bedingen Gabelungen, wie in Fig. 441 u. 442, ganz beſonders ſorgfältige Herſtellung, und die in Fig. 441, 442, 444, 445, 446 u. 447 verwendeten Einſchnitte für Keile ſind in der erforderlichen Geſtalt nur mittels der Feile herzuſtellen, daher vergleichsweiſe ſehr theuer.

234.
Verlängerung von Rundeiſen.

Sollen Conſtructionstheile, die aus Rundeiſen gebildet ſind, verlängert werden, ſo kann dies im Weſentlichen in dreifacher Weiſe geſchehen:

1) Der eine der zu verbindenden Theile wird in eine Oeſe, der andere in einen Haken ausgeſchmiedet, welch letzterer nach Art der Kettenhaken geſtaltet wird (vergl. Fig. 440).

2) Man benutzt die im vorhergehenden Kapitel (unter c) vorgeführten Bolzenverbindungen bei doppeltem Anſchluſs oder doppelter Laſchung (ſiehe Art. 226 bis 229, S. 155 bis 158).

3) Es wird ein ſog. Spannſchloſs (Fig. 448) angewendet. Daſſelbe beſteht aus zwei vereinigten Muttern mit Gegengewinde, welche die mit Gewinde verſehenen Enden von zwei Rundeiſenſtangen aufnehmen und durch ſtarkes Anziehen die Erzielung von Anfangsſpannungen in ſolchen Theilen geſtatten, von denen man Straffheit ſchon vor der Belaſtung verlangt.

Fig. 448.

b) Verlängerung von Profileiſen und Eiſentheilen zuſammengeſetzten Querſchnittes.

235.
Verlängerung von Profileiſen.

Für Conſtructionstheile, die aus einzelnen oder mehreren Profileiſen beſtehen, kommen faſt ausſchlieſslich Vernietungen in Frage. Es kommen zur Anwendung:

Fig. 449. Fig. 450.

1) Für Winkeleifen die bereits in Art. 218 (S. 149) angegebenen Lafchungen.

2) Kreuzeifen werden durch doppelte Verlafchung eines jeden der 4 Schenkel verbunden; diefes Verfahren ift unbequem und felten.

3) **C**-Eifen werden mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher Lafchung der Flanfche geftofsen (Fig. 449).

4) Das **I**-Eifen wird wie das **C**-Eifen geftofsen (Fig. 450).

5) Das **T**-Eifen wird mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher äufserer Lafchung des Flanfches geftofsen; im Uebrigen wird diefer Stofs felten nothwendig.

6) Das **Z**-Eifen wird wie die vorhergehenden geftofsen; es hat indefs der Stofs von **Z**-Eifen meift nur als Auflager des einen Stückes zu dienen und befchränkt fich dann auf die doppelte Lafchung des Steges.

236. Berechnung diefer Verbindungen.

Bei der Berechnung diefer Verbindungen find folgende Punkte im Auge zu behalten.

Die Berechnung darf nicht für den Querfchnitt im Ganzen aufgeftellt, fondern mufs für jeden Theil (Steg, Flanfch etc.) gefondert durchgeführt werden, damit nicht die Verbindung in einem Theile zu ftark, im anderen zu fchwach wird. Die Verbindungstheile (Niete, Bolzen, Keile) müffen in gleichartigen Theilen des Querfchnittes in diefelbe Schnittebene, in verfchiedenen Theilen können fie in verfchiedene Schnittebenen gebracht werden, damit der Querfchnitt, fo weit als möglich, durch die Lochung keine Schwerpunktsverlegung erfährt. Beim **T**-, **C**- und **L**-Eifen ift dies nicht immer durchzuführen.

Liegt der Stofs in einem gedrückten Theile, welcher wegen des erforderlichen Widerftandes gegen Zerknicken eine Verftärkung gegenüber dem nur auf Druck nöthigen Querfchnitte erfahren hat, in der Nähe der Mitte, fo mufs die Verbindung unter Zugrundelegung des voll belaftet gedachten, verftärkten Querfchnittes berechnet werden; liegt der Stofs aber in der Nähe des Endes, wo die Gefahr des Zerknickens gering ift, fo braucht die Verbindung nur auf die gleichförmig über den ganzen Querfchnitt vertheilt gedachte, wirklich vorhandene Drucklaft bemeffen zu werden (vergl. Art. 200, S. 138).

Für Theile, welche Spannungswechfeln ausgefetzt und daher nach den neueren Methoden mit Rückficht auf die *Wöhler*'fchen Verfuchsergebniffe [87]) bemeffen find, empfiehlt es fich, gleiche Spannungsermäfsigungen auch in den Verbindungen eintreten zu laffen. Dies gefchieht von felbft, wenn man die Verbindungstheile nicht mit abfoluten Spannungswerthen, fondern, vom verfchwächten Querfchnitte der zu verbindenden Theile ausgehend, mit den Verhältnifszahlen der Spannungswerthe in Gleichung 138. (S. 162) berechnet.

Uebrigens zeigt Fig. 450 ganz befonders deutlich, wie ungünftig folche Profile durch Stöfse beeinflufst werden. Obwohl für den Flanfch befonders dünne Niete benutzt find, ift doch faft der ganze Flanfch durch die Löcher befeitigt, und die Köpfe der Flanfchniete find fo nahe an die Steglafchen gerückt, dafs fie kaum ausgebildet werden können. Man thut daher gut, Verlängerungen folcher Profileifen ganz zu vermeiden.

---

[87]) Siehe Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«, Art. 283 (S. 248).

Für die zuſammengeſetzten Querſchnitte gelten ſowohl die allgemeinen, wie auch die für mehrtheilige Profile im Vorſtehenden gegebenen Regeln.

237. Verlängerung zuſammengeſetzter Querſchnitte.

Man legt zwiſchen die Theile zuſammengeſetzter Querſchnitte gern offene Schlitze von ſolcher Breite, daſs an den Stoſsſtellen entſprechend ſtarke Laſchen für die inneren Theile direct auf dieſe eingelegt werden können. Dieſe Methode führt zu bequemen und gut wirkenden Verbindungen, hat aber den weſentlichen Nachtheil, daſs die engen, langen Schlitze nicht genügend gereinigt und im Anſtriche erhalten werden können. Bei Theilen, welche der Witterung oder Feuchtigkeit (z. B. Dampf) ausgeſetzt ſind, ſieht man daher von dieſer bequemen Anordnung zweckmäſsiger Weiſe möglichſt ab.

Von weſentlichem Einfluſſe auf die Stoſsanordnungen iſt die Frage, ob man alle Theile des ganzen Querſchnittes in einer und derſelben Ebene oder ob man einzelne Gruppen der Theile in verſchiedenen Ebenen ſtützt, d. h. ob man ſog. Univerſalſtöſse oder verſetzte Stöſse anordnet.

Die Verwendung des Univerſalſtoſses hat den Vortheil, daſs die zwiſchen zwei Stöſsen liegenden Gliedtheile in der Fabrik vollkommen fertig geſtellt werden können, ſo daſs bei der Aufſtellung nur die Stoſsverbindungstheile einzufügen ſind; allein das Durchſchneiden aller Theile an einer Stelle iſt der gleichmäſsigen Widerſtandsfähigkeit aller Querſchnitte des betreffenden Bautheiles beſonders ſchädlich.

Hat man die Stöſse verſetzt, ſo können die überragenden Enden der Gruppen erſt nach dem Zuſammenlegen verbunden werden; es ergiebt ſich alſo viel Arbeit auf der Bauſtelle ſelbſt, aber zugleich eine gleichmäſsigere Widerſtandsfähigkeit.

Univerſalſtöſse wird man demnach anbringen, wenn es ſich um ſchnelle und bequeme Aufſtellung handelt, namentlich dann, wenn an beſtimmten Stellen der Glieder verminderte Feſtigkeit zuläſſig erſcheint oder leicht eine Verſtärkung durch anderweitige Conſtructionstheile (z. B. groſse und ſtarke Knotenbleche) erzielt werden kann; verſetzte Stöſse dagegen, wenn es bei langen Conſtructionstheilen auf thunlichſt gleichmäſsige Feſtigkeit in allen Querſchnitten in erſter Linie ankommt und die nachträgliche Verbindung der überſtehenden Theile auf der Bauſtelle keine erheblichen Schwierigkeiten verurſacht.

Die einfacheren Formen zuſammengeſetzter Querſchnitte ſind die folgenden.

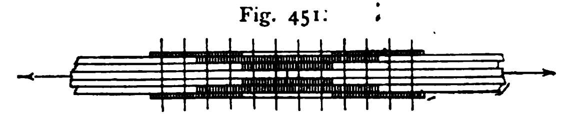
238. Einfachere Verlängerungen dieſer Art.

1) Das mehrfache Flacheiſenband. Iſt ein Schlitz darin vorhanden, ſo erfolgt die Verbindung durch eine eingelegte Laſche; bei Univerſalſtoſs muſs der Schlitz die doppelte Stärke des einzelnen Bandes haben, bei verſetztem Stoſse die einfache. Bei verſetztem Stoſse muſs ſelbſtverſtändlich zwiſchen den beiden Stoſsſtellen die Zahl der für den Stoſs nöthigen Verbindungstheile (Niete, Bolzen) doppelt vorhanden ſein.

Iſt kein Schlitz angeordnet, ſo erfolgt die Verbindung für Univerſalſtoſs durch beiderſeits, für verſetzten Stoſs durch einſeitig aufgelegte Laſchen von der Stärke der Bänder.

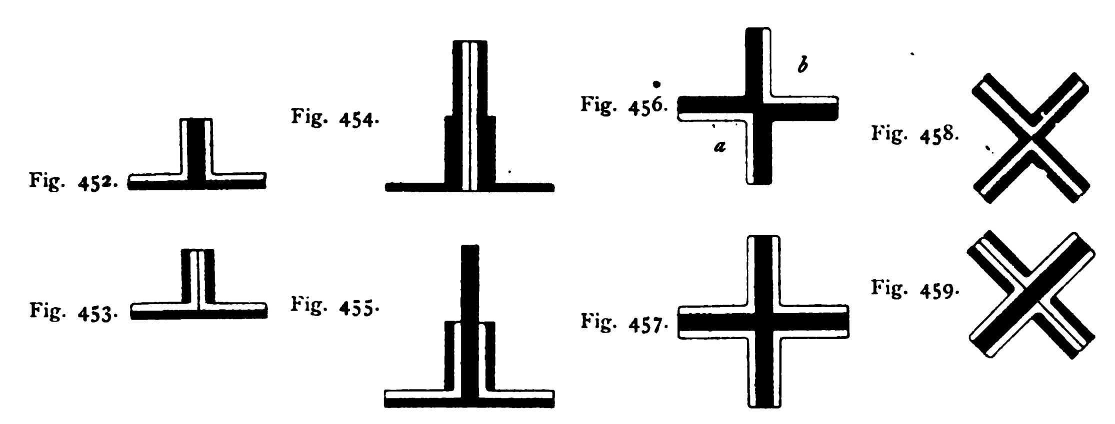
Soll von mehreren unmittelbar auf einander liegenden Bändern eines der inneren geſtoſsen werden, ſo muſs man die Stoſslaſche ein- oder zweiſeitig auf die äuſserſten Bänder legen. Man hat ſich dann aus den nicht geſtoſsenen Bändern das in Fig. 451 veranſchaulichte Laſchen-Syſtem herausgeſchnitten zu denken, worin die Länge der eigentlichen Auſsenlaſchen nach jeder Seite des

Fig. 451.

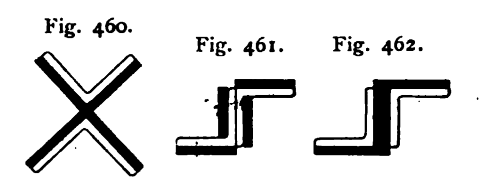


Stofses fich aus derjenigen Anzahl von Verbindungstheilen ergiebt, welche einmal mehr diejenige Anzahl enthält, welche zur Uebertragung der im geftofsenen Bande wirkenden Kraft erforderlich ift, als Bänder zwifchen dem geftofsenen Bande und der Lafche liegen; in Fig. 451 find 2 Nietreihen für die Kraftübertragung und 2 Platten zwifchen Stofs und Lafche angenommen; die Zahl der Nietreihen zu jeder Seite des Stofses beträgt alfo: $2(2+1)=6$.

2) Der aus Profileifen und Blechen zufammmengefetzte **T**- und **+**-förmige Querfchnitt. Fig. 452 u. 453[88]) zeigen **T**-förmige Querfchnitte aus 2 Winkeleifen, und zwar Fig. 452 die Stofsanordnung für Univerfalftofs, wenn ein Schlitz angeordnet ift, Fig. 453, wenn diefer fehlt. Die Verbindung der Winkeleifen aufserhalb der Lafchen gefchieht in Fig. 452 durch Stehniete mit der Theilung $\gtreqless 15\,d$, in Fig. 453 durch Heftniete mit der Theilung $\gtreqless 8\,d$.



In Fig. 454 u. 455 find **T**-förmige Querfchnitte aus Winkeleifen und Blechen dargeftellt, bei denen der Univerfalftofs fehr unbequem werden würde. Fig. 454 zeigt den Stofs der Bleche, Fig. 455 den der Winkeleifen an verfetzter Stelle. Fig. 456 bis 459 geben die Anordnung einiger **+**-förmigen Querfchnitte aus 4 Winkeleifen; find Schlitze angeordnet, fo erfolgt die Verbindung der Winkeleifen unter einander durch wechfelweife Einlegung von Blechftreifen in den einen und den anderen Schlitz in Abftänden $\gtreqless 15\,d$; fehlen die Schlitze, fo werden Heftniete in Abftänden $\gtreqless 8\,d$ in den Schenkeln eines Winkeleifens verfetzt eingezogen. Im Befonderen ftellt Fig. 456 den verfetzten Stofs des **+**-förmigen Querfchnittes in den Winkeleifen *a* und *b* mit fchmalem Schlitze, Fig. 457 den Univerfalftofs deffelben bei breitem Schlitze, Fig. 458 den verfetzten Stofs eines gefchloffenen und Fig. 459 den Univerfalftofs eines halb gefchloffenen Kreuzquerfchnittes dar. Aus diefen Beifpielen folgen die übrigen Arten diefes Querfchnittes. Liegen Bleche zwifchen den Winkeleifen, fo ift Univerfalftofs oder verfetzter Stofs nach Fig. 458 anzuwenden.



3) Der Kreuzquerfchnitt aus 2 Winkeleifen mufs ftets zwei Schlitze haben, da die Verbindung der Winkeleifen nur durch eingelegte Blechftäbe erfolgen kann. Es wird daher Univerfalftofs (Fig. 460) angeordnet.

4) Der **Z**-förmige Querfchnitt aus

[88]) In Fig. 452 bis 462 find durchlaufende Theile fchwarz gekennzeichnet, Lafchen fchraffirt, geftofsene Theile weifs gelaffen.

2 Winkeleifen kann offen mit Stehnieten oder gefchloffen mit Heftnieten angeordnet fein. In beiden Formen erhält er am beften Univerfalftofs (Fig. 462 u. 461).

239. Complicirtere Verlängerungen diefer Art.

Nach diefen einfachen Beifpielen laffen fich auch complicirtere Querfchnitte behandeln. Bei diefen ift noch mehr, als bei den obigen mehrtheiligen Querfchnitten, die Regel von Wichtigkeit, dafs man den Querfchnitt für die Berechnung in feine einfachen Theile (Bänder, Platten, Winkelfchenkel, Stege und Flanfche von C-Eifen etc.) zerlegen, für jeden den auf ihn entfallenden Antheil der den ganzen Conftructionstheil beanfpruchenden Kraft ermitteln und auf diefer Grundlage die Verbindung für jeden Theil für fich berechnen foll. Rechnet man für gröfsere Gruppen von Querfchnittstheilen die nöthige Stärke der Verbindung im Ganzen aus, fo wird man meift die Verbindung für einzelne Theile der Gruppe zu ftark, für andere zu fchwach ausbilden.

Sollen Theile von verfchiedener Querfchnittsgröfse vereinigt werden, fo ift die Verbindung auf den fchwächeren einzurichten; denn da kein Theil mehr als die feinem Querfchnitte entfprechende Kraft tragen foll, fo darf aus einem ftärkeren Theile ftets nur fo viel Kraft an den fchwächeren abgegeben werden, als dem Querfchnitte des letzteren entfpricht, und auf diefe Abgabe braucht demnach die Verbindung nur bemeffen zu fein.

3. Kapitel.

Eckverbindung, Endverbindung und Kreuzung von Eifentheilen.

240. Ueberficht.

Die in diefem Kapitel zu befprechenden Verbindungen find fo mannigfaltiger Art, dafs nur eine Reihe von Beifpielen vorgeführt werden kann.

Die Berechnung diefer Verbindungen erfolgt auf Grund der Regeln, welche für Vernietungen, Verfchraubungen und Keilverbindungen im 1. Kapitel gegeben wurden.

Die nachftehenden Beifpiele find nicht typifche Formen; die gewählten Anfchlüffe können meift auch für eine Reihe anderer Fälle ausgeführt, namentlich können meift die Niete durch Schrauben erfetzt werden.

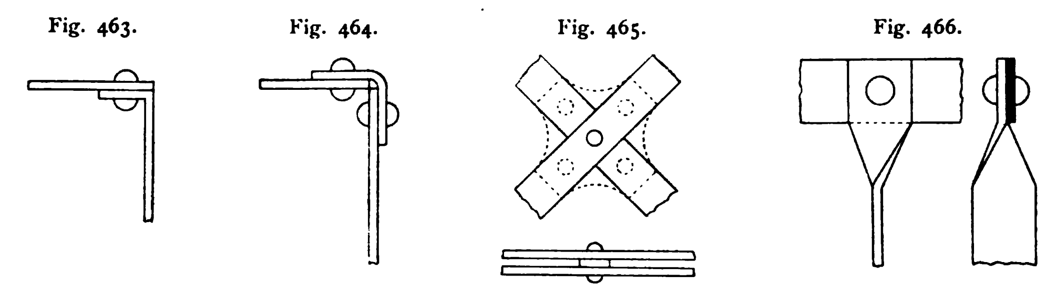
a) Eck- (L-) Verbindungen.

241. Flacheifen.

1) Verbindung zweier Flacheifen (Fig. 463 bis 467). Bei der Verbindung in Fig. 463 ift das eine der beiden Flacheifen umgefchmiedet und hierauf mit dem zweiten vernietet; diefe häufig angewendete Rahmenverbindung ift gegen Zug nur wenig widerftandsfähig.

In Fig. 464 ift zur Verbindung eine gebogene Lafche aufgelegt, fo dafs die Innenfeite glatt bleibt; foll innen keine Unebenheit vorhanden fein, fo müffen die Niete innen verfenkt werden. Die Lafche kann auch innen liegen (vergl. Fig. 478).

Fig. 463. Fig. 464. Fig. 465. Fig. 466.



Flach liegende Eiſen können nach Fig. 465 verbunden werden; ſoll dabei Drehung um den einen Niet verhindert werden, ſo füge man zwiſchen die Flacheiſen ein Knotenblech ein, welches das Einſetzen eines zweiten Nietes in jedes Eiſen, wie z. B. in Fig. 472 u. 476, geſtattet. Werden hochkantig ſtehende Flacheiſen bloſs durch Niete verbunden, ſo wird ein Verdrehen des einen, bezw. beider, wie in Fig. 466, erforderlich.

Fig. 467.

Fig. 467 zeigt die Eckverbindungen eines Klemmbandes für mehrtheilige Holzſtiele unter Verwendung von Keil- und Schraubenverbindung. Für Keile muſs das Band von vornherein entſprechend breit gewählt und verdreht werden; für Schraubengewinde wird ein Zuſammenſchweiſsen von Flach- und Rundeiſen nöthig.

Fig. 468. Fig. 469.

242. Quadrat- und Rundeiſen.

2) Für Quadrateiſen und Rundeiſen ſind Verbindungsarten in Fig. 468 u. 469 dargeſtellt, welche auch für **T**-Verbindungen brauchbar ſind. Soll die Ecke glatt ſein, ſo wird man ſie durch Umbiegen, bezw. Umſchmieden gerader Eiſen herſtellen.

243. L-Eiſen.

3) Winkeleiſen. Eine völlig glatte Ecke (Fig. 470) wird erzielt, wenn man aus dem einen Schenkel ein dem Eckenwinkel entſprechendes Dreieck herausſchneidet, den anderen umbiegt und die Fuge wieder zuſchweiſst. In Fig. 471 iſt der eine Schenkel ſo weit beſeitigt, daſs man den anderen zur Verbindung benutzen kann; die Verbindung wird aber wenig ſteif.

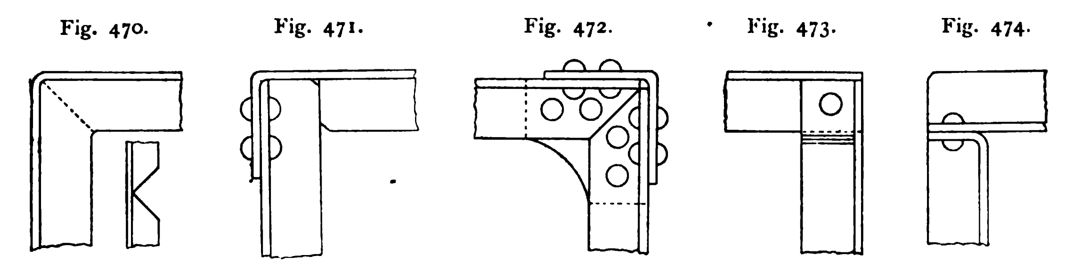


Fig. 470. Fig. 471. Fig. 472. Fig. 473. Fig. 474.

Eine beſſere Verbindung entſteht durch beſondere Laſchung jedes Schenkels mit zwei Blechen (Fig. 472), von denen das eine ausgeſchnitten, das andere umgebogen werden muſs; beide Laſchen ſind bequemer und beſſer auſsen, als innen anzubringen. Die Verbindung in Fig. 473 bedingt Kröpfung des einen Winkeleiſens, wenn beide in einer Ebene liegen ſollen, iſt übrigens nur zu brauchen, wenn Verdrehungen um die Axe des einen Nietes nicht zu fürchten ſind. Fig. 474 iſt zu verwenden, wenn ein innen glatter Rahmen gefordert

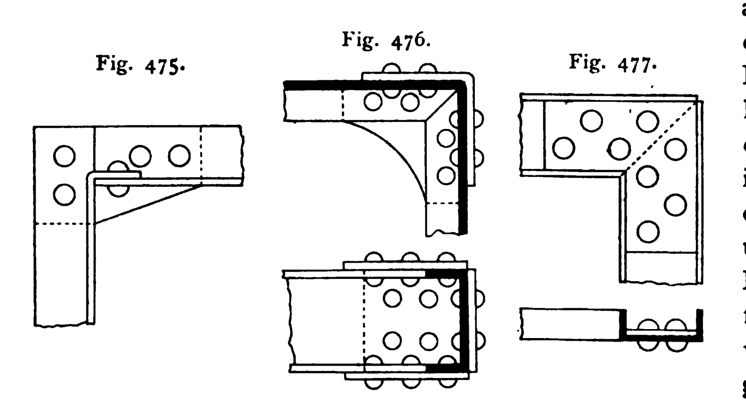


Fig. 475. Fig. 476. Fig. 477.

iſt, der mit gröſserer Feſtigkeit auch nach Fig. 475 gewonnen werden kann, ſobald man hier die Nietung innen verſenkt und das Knotenblech ausſchneidet.

244. C-Eiſen.

4) C-Eiſen können ſtehend (Fig. 476) und liegend (Fig. 477) zuſammenſtoſsen. Bei groſsen Profilen verbindet man die Stücke im Stege mittels gebogener Laſche, in den Flanſchen durch zwei ausgeſchnittene Knotenbleche (Fig. 476); bei kleinen Profilen ſind die Flanſche zum Nieten zu ſchmal; man muſs ſich daher hier mit der Verlaſchung des Steges begnügen, welche auſsen oder innen (Fig. 477) oder beiderſeits erfolgen kann.

245. I-Eiſen.

5) I-Eiſen ſind ſelten in einer Ecke zu vereinigen. Da die Flanſche auch hier meiſt ſehr ſchmal ſind, ſo erfolgt die Verbindung durch gebogene Laſchen am Stege nach Art der Fig. 490.

246. Bleche.

6) Bleche für Gefäſse können in den Ecken nach Fig. 463 verbunden werden. Da dieſe Verbindung aber ſchwach iſt, ſo findet man meiſt Winkeleiſen zur Verbindung verwendet, welche im Gefäſse (Fig. 478) oder neben demſelben (Fig. 479) oder beiderſeits eingeſetzt werden oder die Bleche nach Fig. 464 auſsen umfaſſen.

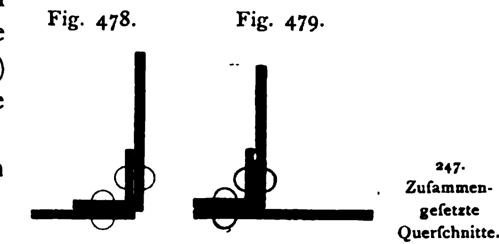


Fig. 478. Fig. 479.

247. Zuſammengeſetzte Querſchnitte.

7) Zuſammengeſetzte Querſchnitte kommen in Eckverbindungen nur äuſserſt ſelten vor.

b) End- (T-) Verbindungen.

248. Flacheiſen.

1) Flacheiſen können, wenn ſie flach liegen, mit Füllſtück nach Fig. 465 oder ohne daſſelbe, wenn nöthig unter Einfügung eines Knotenbleches, auf einander genietet werden. Stehen ſie hochkantig, ſo müſſen ſie erſt nach Fig. 466 um 90 Grad verdreht umgeſchmiedet werden. Ohne Verdrehung werden hochkantig ſtehende Flacheiſen durch Winkellaſchen nach Fig. 480, mittels Lochung und Keil nach Fig. 481 oder auch mit Schraube auf angeſchweiſstem Rundeiſen nach Fig. 467 verbunden.

249. Rund- u. Quadrateiſen.

2) Rundeiſen und Quadrateiſen werden vereinigt, indem man ein Stück durchbohrt und an das andere einen Stift anfeilt, welcher durchgeſteckt und kalt umgenietet wird (Fig. 468), oder man ſchmiedet das Ende des einen um und zieht auf dieſes und das andere Stück einen Ring heiſs auf, deſſen Schluſs meiſt offen gelaſſen wird (Fig. 469).

Fig. 480. Fig. 481.

Mit Flacheiſen kann eine Endverbindung nach Fig. 499 erzielt werden, indem man eine aus Bandeiſen gebogene Schelle um das Quadrat- oder Rundeiſen legt und mit dem Flacheiſen verbolzt.

250. T-Eiſen.

3) T-Eiſen. Man ſchneide an einem Stücke das Ende des Flanſches weg, biege den Steg um und niete oder ſchraube ihn an den Steg des anderen Eiſens; um ſeitliche Verſchiebung zu verhindern, iſt der Flanſch des einen Eiſens etwas in den des anderen eingeklinkt (Fig. 482); die Verbindung hat eben ſo wenig Feſtigkeit, wie die ähnlichen in Fig. 463 u. 471.

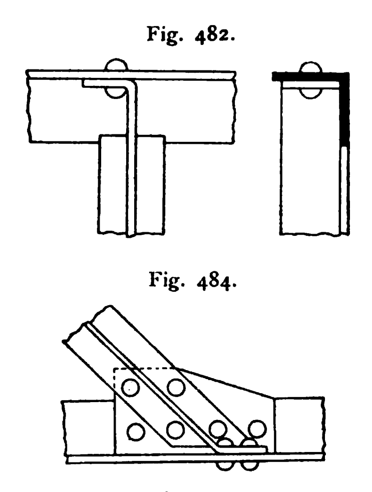


Fig. 482.

Fig. 484.

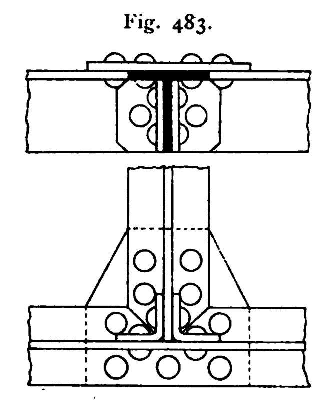


Fig. 483.

Wird gröfsere Widerftandsfähigkeit, namentlich auf Zug, im angefchloffenen Eifen verlangt, fo fchneide man die Flanfche auf Gehrung zufammen, verbinde fie durch ein Knotenblech und lege noch Winkellafchen zwifchen die Stege ein (Fig. 483).

Wird nicht verlangt, dafs die Flanfche in einer Ebene liegen, fo kann man auch den einen auf den anderen legen, eventuell unter Einfügung eines Knotenbleches, und die Stege auf eine der obigen Arten vereinigen, wie dies für fchiefwinkeligen Anfchlufs in Fig. 484 gezeigt ift.

251. Sproffeneifen.

4) Sproffeneifen. Da bei Sproffeneifen-Verbindungen meift ungeftörte Durchführung des Kittfalzes verlangt wird, fo fchneidet man die Sproffenflanfche auf Gehrung in einander, durchbohrt das durchlaufende Eifen im Ausfchnitte zweimal und feilt an das endigende entfprechende Stifte an, welche, erhaben oder verfenkt, kalt vernietet werden (Fig. 485). Auch wenn das durchlaufende ein halbes (Rand-) Sproffeneifen ift, bleibt die Verbindung diefelbe.

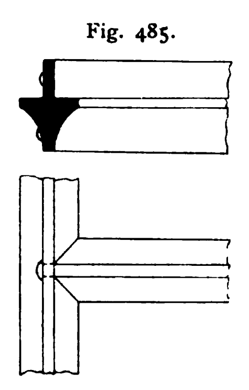


Fig. 485.

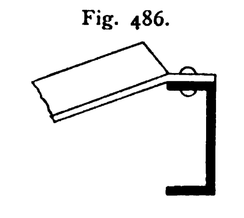


Fig. 486.

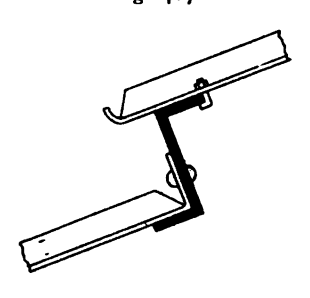


Fig. 487.

Die **T**-Sproffen von Deckenlichtern ruhen in der Regel auf Pfetten. Stehen diefe vertical, fo biegt man meift den Flanfch der geneigten Sproffe um, nachdem man behufs Gewinnnung des Platzes zum Nieten oder Verfchrauben den Steg weggefchnitten hat, und bringt die Sproffe fo zu wagrechtem Auflager (Fig. 486). Sind dagegen die Pfetten winkelrecht zur Deckenlichtfläche, fo kann man die Sproffen unmittelbar auflagern (Fig. 487); legt fich die Sproffe unten auf die Pfette, fo biege man den vom Stege befreiten Flanfch um und niete ihn an den Steg der Pfette, oder man ziehe Schrauben durch den Sproffenflanfch, welche hakenartig um den der Pfette greifen; bei beiden Anordnungen ift die den Pfettenquerfchnitt in unliebfamer Weife fchwächende Lochung der Pfettenflanfche vermieden.



252. L-Eifen.

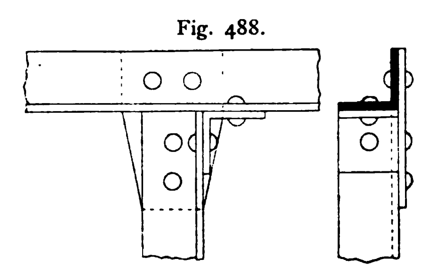


Fig. 488.

5) Winkeleifen. Stofsen die Winkeleifen mit den liegenden Schenkeln zufammen, fo find die Verbindungen der **L**-Eifen nach Fig. 482 bis 484 auszuführen oder die der Ecken aus Winkeleifen nach Fig. 471 bis 473 hierher zu übertragen. Endigt dagegen ein Winkel am ftehenden Schenkel des anderen, fo erfolgt die

Vereinigung ohne Verfchneidung der Stücke mittels Winkellafche und untergelegtem Knotenbleche nach Fig. 488.

253. +-Eifen.

6) Kreuzeifen werden mit anderen Theilen dadurch verbunden, dafs man zur Gewinnung von Platz für Niete und Schrauben zwei Flanfche wegfchneidet und fo eine breite Eifenplatte für den Anfchlufs fchafft. Die fo entftehende Schwächung ift meift unbedenklich, weil die Kreuzeifen faft nur in leichten Stützen und Steifen zufammengefetzter Träger vorkommen, daher auf Zerknicken berechnet find und fomit in der Mitte mehr Querfchnitt haben müffen, als an den Enden.

Fig. 489.

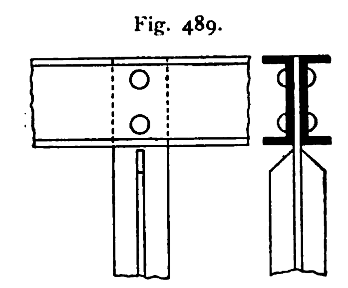


Fig. 489 zeigt den unmittelbaren Anfchlufs einer folchen +-Steife an die aus zwei C-Eifen mit Schlitz gebildete obere Gurtung eines Trägers.

254. I- u. C-Eifen.

7) I- und C-Eifen. Beide können in den Endverbindungen der Regel nach ganz gleich behandelt werden. Sind die zu vereinigenden Theile gleich hoch, fo fchneide man vom endigenden die Flanfche fo weit ab, dafs man den Steg bis an den des durchlaufenden heranfchieben kann', und verbinde die Stege durch Winkellafchen (Fig. 490). Bei ftarken Profilen mit genügender Flanfchbreite kann man diefe Verbindung noch wefentlich durch Auflegen von Knotenblechen auf beide Flanfche, wie in Fig. 476, verftärken.

Fig. 490. Fig. 492.

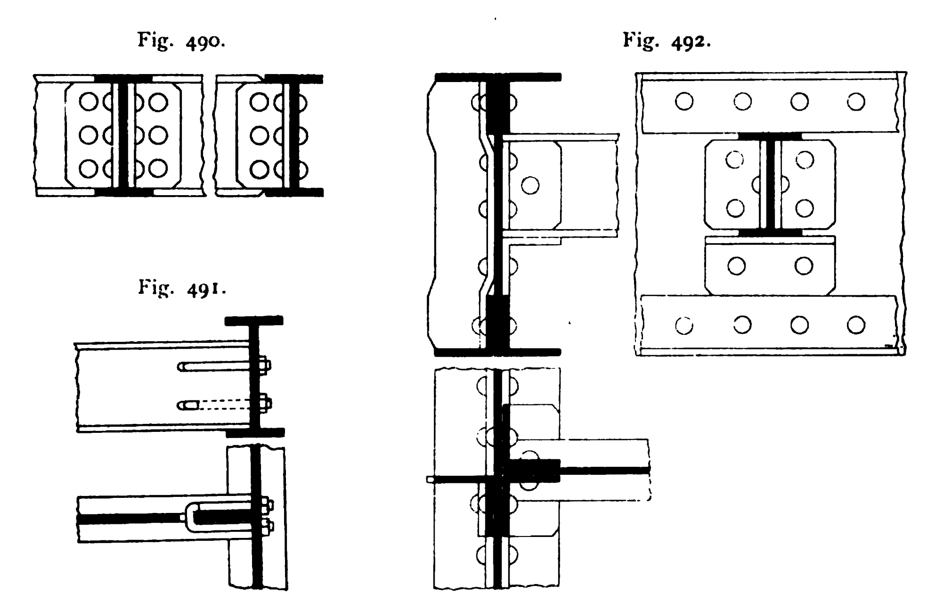


Fig. 491.

In vielen Fällen ift das endigende Profil das fchwächere; man kann dann feinen unteren Flanfch auf den des durchlaufenden lagern, indem man das Herausziehen des eingelagerten Profiles durch lange Hakenbolzen nach Fig. 491 verhindert.

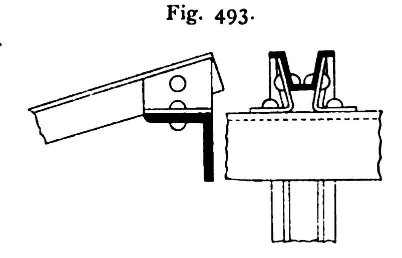
Die Mittel zur Anlagerung diefer Walzträger (Balken) an zufammengefetzte Träger (Unterzüge) zeigt Fig. 492. Der Balken ift mittels doppelter Winkellafche an den Unterzug genietet und ruht aufserdem auf einem an die Wand des letzteren gefetzten Winkelabfchnitte, mit deffen horizontalem Schenkel der Flanfch bei genügender Breite noch vernietet werden könnte.

Will man dem Balken Spielraum für Temperaturbewegungen gewähren, fo

erfetze man alle in ihn gezogenen Niete durch Schrauben, deren Löcher nach der Richtung feiner Länge länglich geformt find. Der zufammengefetzte Träger ift in der Anfchlufsftelle aufsen durch ein Winkeleifen verfteift, damit die fchwache Wand nicht unter der Balkenlaft einknickt.

255. Rinneneifen.

Fig. 493.



8) Rinneneifen (unter Deckenlichtern) lagern mit ihren Enden auf Pfetten und werden je nach der Stellung der letzteren mit gerade oder fchief gefchnittenen Winkelblechen angefchloffen, wobei allerdings eine fchwache Lochung der Pfetten unvermeidlich ift (Fig. 493). Soll letztere vermieden werden, fo kann man in geeigneten Fällen auch die Anordnung der Fig. 508 auf die Endverbindung übertragen.

256. Bleche.

9) Bleche werden in Endverbindungen entweder durch Umbiegen des endigenden (Fig. 463) oder beffer mittels doppelten (Fig. 480) oder einfachen (Fig. 479) Verbindungswinkels vereinigt.

257. Zufammengefetzte Querfchnitte.

10) Zufammengefetzte Querfchnitte. Aus der ungemein grofsen Zahl der hier denkbaren Fälle mögen nur zwei herausgegriffen werden.

Fig. 494 zeigt die Verbindung einer Flacheifen- und einer ⅂Г-Diagonale aus der Wand eines Netzwerk-Trägers mit der unteren kreuzförmigen Gurtung.

Letztere befteht aus 4 Winkeleifen und nimmt in ihren lothrechten Mittelfchlitz zunächft ein Knotenblech auf. An diefes fchliefsen die Winkeleifen der Steife fich auf die der Gurtung kröpfend an, indem fie es mit ihrem Schlitze umfaffen, während das Flacheifenband mittels doppelter Verlafchung befeftigt ift. Zur Vereinfachung der Ausführung ift die Kröpfung der Steifenwinkel nicht parallel zu der diefelbe veranlaffenden Kante der Gurtungswinkel, fondern winkelrecht zum Steifenwinkel gelegt. Das entftehende dreieckige Loch ift mit Blech, Eifenkitt oder Afphalt zu füllen.

Fig. 494.

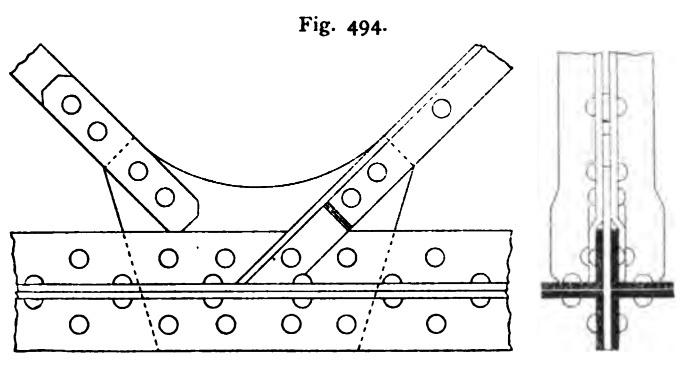
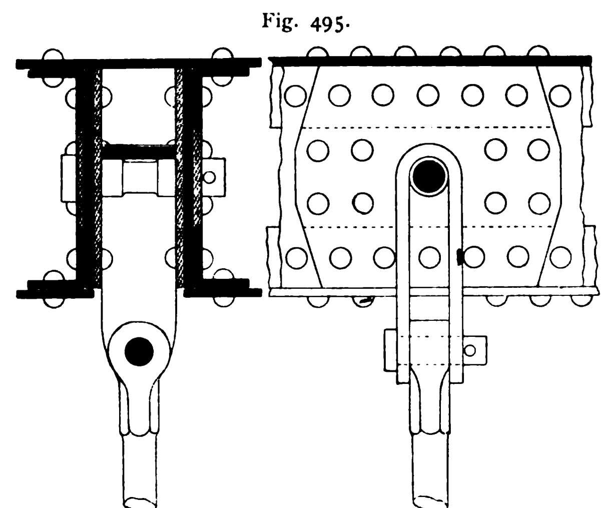


Fig. 495.



In Fig. 495 ift ein Bolzenanfchlufs eines ftarken Rundeifens (Hängeftange) an einen zufammengefetzten Kaftenträger mit durchgehendem Kopfbleche gezeigt.

Der Anfchlufs erfolgt nach den in Kap. 1 (unter c, Art. 226 bis 229, S. 155 bis 158) gegebenen Regeln; jedoch beftehen die beiden Lafchen hier aus einem halbkreisförmig umgebogenen Bleche, welches, genau ausgehobelt und gefchmirgelt, fich auf den in den Wänden des Trägers befeftigten Bolzen hängt; diefer ift in der Mitte der Länge eingedreht, fo

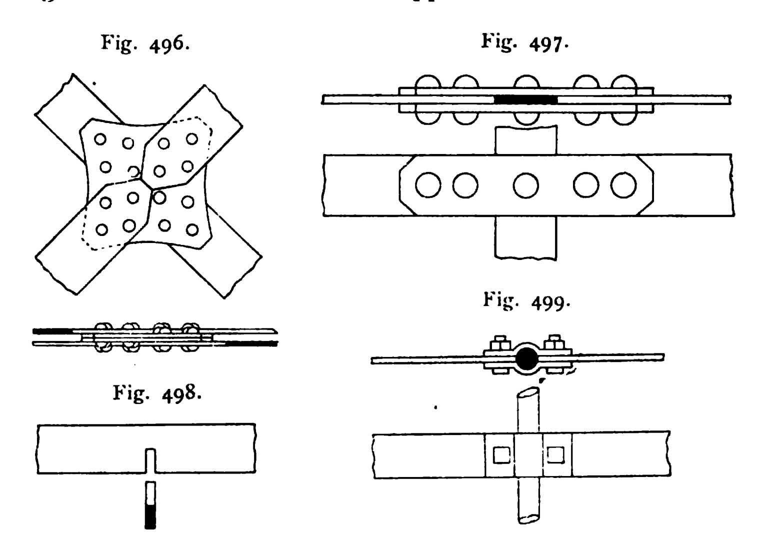
dafs an den Enden Arbeitsleiften entftehen, welche die Auflagerflächen des gebogenen Lafchenbleches thunlichft dicht an die Stützflächen in den Trägerwänden rücken. Die Biegungsbeanfpruchung im Bolzen wird auf diefe Weife thunlichft verringert. Um in den Trägerwänden die nöthige Lochlaibungs-Länge zu erhalten, find fie durch aufgenietete (in Fig. 495 fchraffirte) Platten verftärkt.

c) Kreuzungen (-|--Verbindungen).

258. Flacheifen.

1) Flacheifen. Liegen diefe mit oder ohne Zwifchenraum flach zu einander, fo werden fie ohne Weiteres mit einander vernietet, wobei bei Vorhandenfein eines Zwifchenraumes Stehniete erforderlich find (Fig. 465); die Ringe der letzteren können zur Verhütung von Verdrehungen nöthigenfalls zu Knotenblechen mit 5 Nieten erweitert werden (Fig. 465 punktirt), auf denen fchliefslich unter entfprechender Vermehrung der Niete ein Stofs der Flacheifen erfolgen kann (Fig. 496).

Liegen beide Eifen in derfelben Ebene, fo wird doppelte Verlafchung mindeftens des einen erforderlich, um das andere durchführen zu können (Fig. 497); auch dabei ift es möglich, die Lafchen zu Kreuzlafchen zu erweitern und mittels diefer einen Stofs in jedes der Bänder zu legen. Ift eines der Bänder doppelt, fo kann das andere durch einen Schlitz zwifchen den zwei Hälften gefteckt werden, nach Art der Fig. 505.


Fig. 496. Fig. 497. Fig. 498. Fig. 499.

Stehen die Eifen hochkantig zu einander, fo kann man fie mittels Verdrehung nach Fig. 466 auf einander legen, oder man überfchneidet fie nach Fig. 498 mit einander; man fchneidet aus jedem der Eifen die Hälfte aus, fchiebt fie in einander und kann fie dann fchweifsen oder kalt fo zufammenhämmern, dafs fie fich gegenfeitig auf einander feft klemmen.

259. Rund- u. Quadrateifen.

2) Rundeifen und Quadrateifen. Hierher gehörige Verbindungen entftehen aus zweifeitiger Anordnung der Fig. 469, oder es wird das eine Eifen mittels doppelter Schellenlafche um das andere herumgeführt, wie es in Fig. 499 für Flacheifen und Rundeifen angedeutet ift. Flach liegende Flacheifen werden häufig (Gitteranordnungen) für dünnere Quadrat- und Rundeifen entfprechend gelocht; die Verbindung der durch einander gefchobenen Theile erfolgt dann durch aufgefchweifste, bezw. mit durchgebohrtem Splinte befeftigte Ringe.

260. T-Eifen.

3) T-Eifen. Kreuzverbindungen aus T-Eifen ergeben fich aus der Verdoppelung von Fig. 482 u. 483. Soll in letzterem Falle die volle Steifigkeit des durchfchnittenen T-Eifens hergeftellt werden, fo kann man auf die Rückfeite ftatt des Knotenbleches einen Abfchnitt deffelben Profiles aufnieten (Fig. 500).

Wird keine grofse Steifigkeit von der Verbindung verlangt, fo kann man die Profile unter Einklinkung der Flanfche voll mit einander überfchneiden und die Stege mittels Winkellafchen verbinden (Fig. 501).

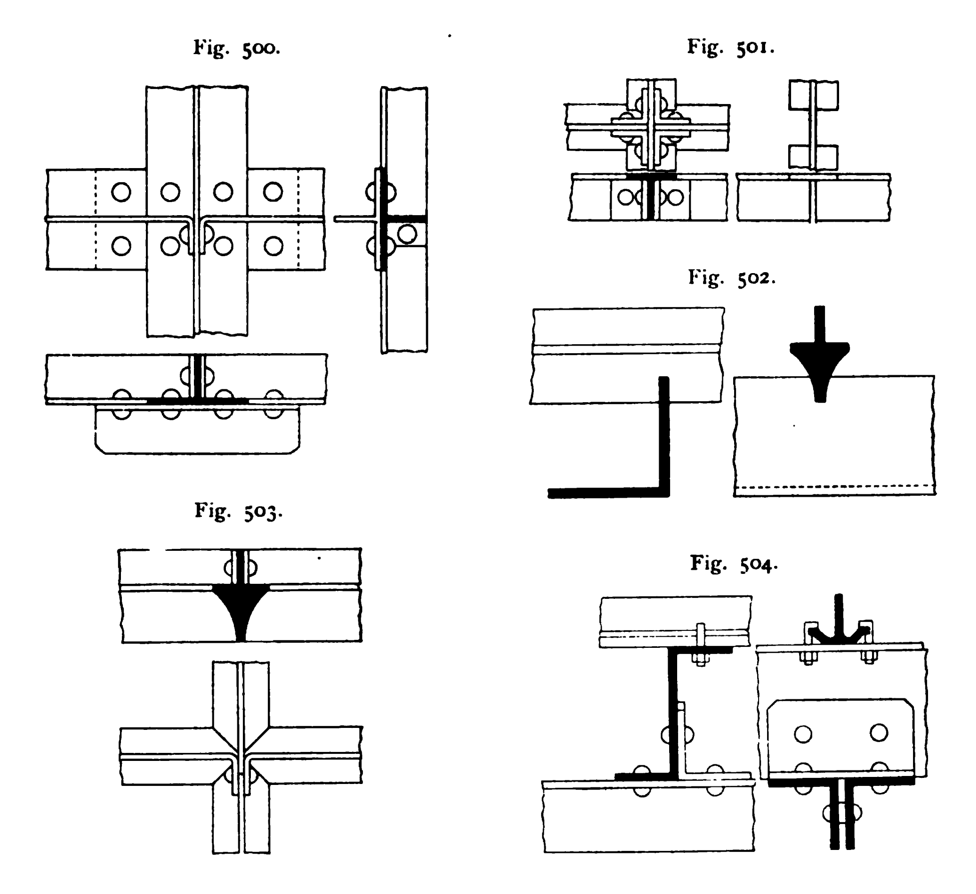


Fig. 500. Fig. 501. Fig. 502. Fig. 503. Fig. 504.

261. Sproſſeneiſen.

4) Sproſſeneiſen. Bei gewöhnlichen Fenſterſproſſen werden auch hier die Flanſche beiderſeits auf Gehrung zuſammengeſchnitten. Das Vernieten mit angefeilten Stiften iſt hier nicht möglich; man biege den Steg um und verniete ihn beiderſeits mit dem durchlaufenden (Fig. 503). Soll der Kittfalz ganz frei ſein, ſo hämmert man die zuſammengeſchnittenen Sproſſen, ſo gut es geht, in einander. Ueberkreuzt eine Sproſſe die Kante eines tragenden Eiſens, ſo feilt man beide etwas aus und hämmert ſie zuſammen (Fig. 502).

T-Sproſſen mit oder ohne Schweiſsrinne werden glatt auf die Pfetten gelagert und, da die Flanſche zum Nieten zu ſchmal ſind, mittels Hakenbolzen befeſtigt (Fig. 504); dieſe Bolzen werden am Haken vierkantig geformt und in den Rand der Sproſſe eingeklinkt, um Verſchiebungen zu verhindern.

262. L-Eiſen.

5) Winkeleiſen. Auch hier ſind die Verbindungen der T-Eiſen (Fig. 500 u. 501) auf die Winkeleiſen zu übertragen; doch ſind Ueberblattungen (wie in Fig. 501) bei ſtark beanſpruchten Theilen wegen der groſsen Schwächung zu vermeiden.

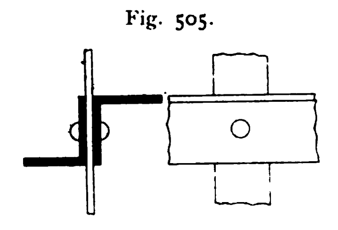
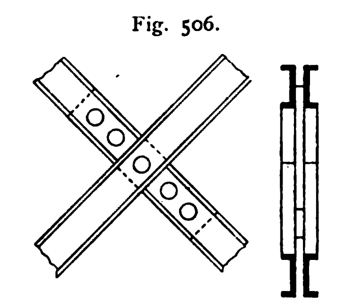


Fig. 505.

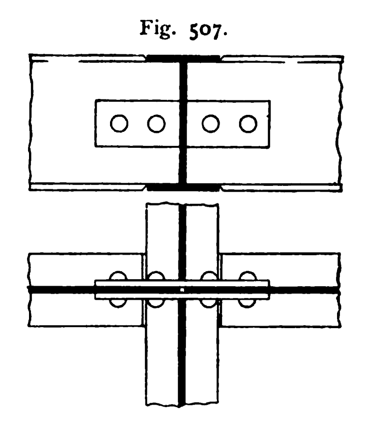
Sehr häufig ſind Verbindungen mehrerer Winkeleiſen mit offenem Schlitze mit anderen Theilen, welche ſich durch den Schlitz ſtecken. Als Beiſpiel zeigt Fig. 505 die Verbindung zweier verſtellten Winkeleiſen mit einem durchgeſteckten Flacheiſen. In der Durchkreuzung mehrerer ſolchen Querſchnitte kann dann ein Knotenblech in den Schlitz geſchoben werden, mittels deſſen alle zugleich geſtoſsen und verbunden werden.

6) **I**- und **⊏**-Eifen. Fig. 506 zeigt die Kreuzung zweier Glieder, welche aus flach liegenden, kleinen **⊏**-Eifen mit offenem Schlitze beftehen; durch den Schlitz des durchlaufenden ift ein Lafchenblech gefteckt, welches die Enden des durchfchnittenen verbindet. Bei gleich hohen **I**-Eifen fchneide man auch hier an den Enden des durchfchnittenen Eifens die Flanfche weg, fchiebe die Stege an einander, verlafche fie dann, ftatt mittels Winkellafchen (wie in Fig. 490), mittels durchgefteckter Flachlafchen (Fig. 507).

263.
I- u. ⊏-Eifen.


Fig. 506.

Da meiftens verlangt wird, dafs die Enden des durchfchnittenen Eifens feft auf den Flanfchen des durchlaufenden ruhen, fo ift es zweckmäfsig, zwifchen letztere und die eingefchobenen Stegenden nach Anbringung der Lafchen kleine Keile aus Blechabfällen einzufchlagen.

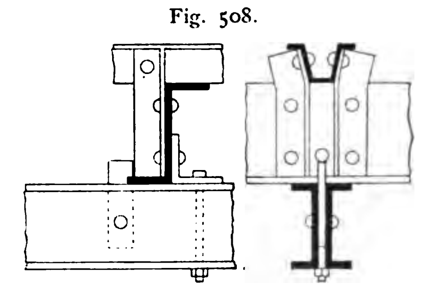

Fig. 507.

Auch die Verbindung in Fig. 491 mit Hakenbolzen kann hier unter Verdoppelung verwendet werden, wenn man die Bolzen fo weit fchräg biegt, dafs die Muttern nicht mit den Stegen der aufgelagerten Profile collidiren.

Die Verbindung der durchfchnittenen Theile mittels durchgefteckter Lafchen nach Fig. 507 kann auch auf Anordnungen nach Fig. 492 zum Erfatze der Winkellafchen ohne Weiteres übertragen werden.

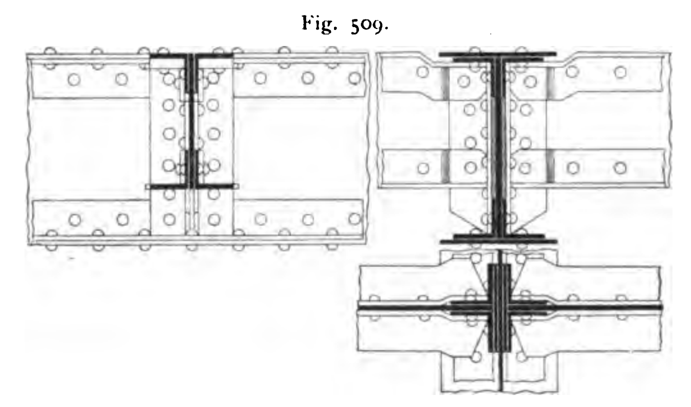
7) Rinneneifen überkreuzen fich mit Pfetten von **I**- oder **⊏**-, bezw. **Z**-förmigem Profil. Im erfteren Falle ift die Verbindung mit gebogenen Blechen nach Fig. 493 unter Lochung des Pfettenflanfches zu wählen; bei den letzteren Profilen ift die beffere Verbindung mittels fchwacher, an den Pfettenfteg genieteter **L**-Eifen ausführbar (Fig. 508).

264.
Rinneneifen.


Fig. 508.

8) **Z**-Eifen, welche mit befonderer Vorliebe für continuirliche Gelenkpfetten verwendet werden, überkreuzen fich daher häufig mit den oberen Gurtungen von Dachftühlen, dürfen aber in diefer Ueberkreuzung im Flanfch, wegen des hier eintretenden Maximal-Momentes, nicht gelocht werden. Eine Befeftigung auf einer oberen Gurtung aus zwei **⊏**-Eifen, welche diefen Anforderungen genügt, zeigt Fig. 508, in welcher bei fehr folider Verbindung Lochungen nur im Pfettenftege vorhanden find.

265.
Z-Eifen.


Fig. 509.

⊏-Profile werden für Pfetten in ganz gleicher Weife verwendet und befeftigt.

266. Bleche etc.

9) Bleche werden in ✛-Verbindungen mittels vier Winkel in den Ecken verbunden (Verdoppelung von Fig. 480).

10) Von zufammengefetzten Querfchnitten ift hier nur eine Kreuzverbindung von zufammengefetzten I-Trägern gegeben, bei welcher die Oberkanten aller Theile durch Kröpfungen in eine Ebene gebracht find (Fig. 509). Als wichtigfte Regel für derartige Verbindungen ift zu merken, dafs die Anfchlufs-Winkeleifen fich jedenfalls über die ganze Höhe des durchlaufenden Trägers erftrecken müffen; die Kröpfung diefer Anfchlufswinkel über die Gurtungswinkel des durchlaufenden Trägers ift dadurch vermieden, dafs zwifchen letztere erft (in der Anficht fchraffirte) Füllbleche von gleicher Stärke eingelegt find.

---

4. Kapitel.

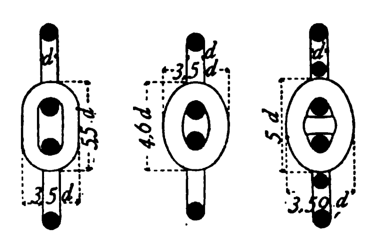
Ketten und Drahtfeile.

a) Ketten.

267. Verfchiedenheit.

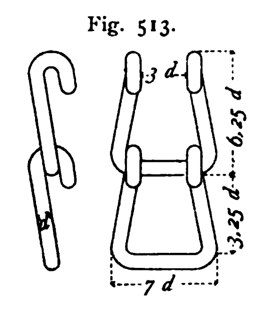
Die Ketten beftehen aus einzelnen Gliedern, welche aus Rundeifen oder aus Flacheifen (*Gall*'fche Gliederkette) hergeftellt fein können. Im erfteren Falle werden die Glieder offen in einander gefchoben und dann bei der Ringkette (Fig. 510 bis 512) zugefchweifst, bei der Hakenkette offen (*Vaucanfon*'fche Kette, Fig. 513) gelaffen. Die Glieder der Ringkette können lang (deutfche Kette, Fig. 510) oder kurz (englifche Kette, Fig. 511) ausgebildet fein und werden bei fchweren Ketten durch Einfetzen eines Mittelfteges (Stegkette oder Kettentau, Fig. 512) wefentlich verftärkt.

Fig. 510. Fig. 511. Fig. 512.



Als tragende Conftructionstheile kommen Ketten im Hochbauwefen faft gar nicht zur Anwendung; fie werden hauptfächlich blofs bei Bauausführungen benutzt und da faft nur die aus Rundeifen hergeftellten Gliederketten, wefshalb auch blofs diefe eine kurze Befprechung erfahren.

Fig. 513.



268. Tragfähigkeit.

Die Tragfähigkeit der Rundeifen-Gliederketten (Fig. 510 u. 511) ift nach angeftellten Verfuchen gleich dem $^{11}/_{9}$-fachen der Tragfähigkeit des einfachen Rundeifens, aus welchem die Kette angefertigt ift. Wird bei vierfacher Sicherheit die zuläffige Anftrengung des befonders guten Ketteneifens auf 1000 kg für 1 qcm angefetzt, fo ergiebt fich der der Laft P entfprechende Eifendurchmeffer d aus:

$$\frac{d^2 \pi}{4} \, 1000 \, \frac{11}{9} = P \quad \text{mit} \quad d = 0{,}032 \sqrt{P} \text{ Centim.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 139.$$

Werden die Kettenglieder oder Schaken durch Mittelftege verftärkt (Fig. 512), fo kann die Anftrengung auf das $^4/_3$-fache gefteigert werden; der Durchmeffer d folgt für diefen Fall aus

$$\frac{d^2 \pi}{4} \, 1000 \, \frac{4}{3} \cdot \frac{11}{9} = P \quad \text{mit} \quad d = 0{,}028 \sqrt{P} \text{ Centim.} \quad . \quad . \quad . \quad 140.$$

Die Kette z. B. eines Krahnes für 15 t Tragkraft mufs alfo aus Eifen von $a = 0{,}028 \sqrt{15000}$ = rund 3,5 cm beftehen, wenn die Glieder Stege haben, und umgekehrt darf man ein Kettentau aus Rundeifen von 2,3 cm Durchmeffer nur mit

$$P = \left(\frac{2{,}3}{0{,}028}\right)^2 = \text{rund } 6740 \text{ kg}$$

belaften.

Ift die Belaftung eine völlig ruhende und fich gleich bleibende, fo kann die Beanfpruchung bis auf das 1,8-fache der obigen Angaben gefteigert werden. Die Gleichungen lauten dann:

$$d = 0{,}024 \sqrt{P} \text{ Centim. für gewöhnliche Ketten und}$$

$$d = 0{,}021 \sqrt{P} \quad \text{»} \quad \text{für Stegketten.}$$

269.
Gewichte.

Die Gewichte der Ketten aus Rundeifen betragen, wenn d den Durchmeffer in Centimeter angiebt, für 1 laufendes Meter etwa:

für weite Gliederketten 1,92 d^2 Kilogr.;
» enge Gliederketten ohne Stege 2,33 d^2 Kilogr.;
» Stegketten (Kettentaue) 2,46 d^2 Kilogr., und
» Hakenketten 3,76 d^2 Kilogr.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Abmeffungen und die Tragfähigkeit üblicher Formen der engen (englifchen) Kette, welche bei Bauarbeiten vorwiegend verwendet wird.

Kurzgliederige Ketten aus der Duisburger Mafchinenbau-Actiengefellfchaft, vormals *Bechem & Keetmann* in Duisburg a. Rh.

Innere Länge (Baulänge) der Kettenglieder = $2^1/_2$-fache Ketteneifenftärke.

Ketten-eifen-ftärke	Zuläffige Belaftung	Ungefähres Gewicht pro 1 m	Ketten-eifen-ftärke	Zuläffige Belaftung	Ungefähres Gewicht pro 1 m
5	250	0,58	20	4 000	8,98
6	360	0,81	22	4 840	10,87
7	490	1,10	24	5 760	12,94
8	640	1,44	26	6 760	15,18
9	810	1,82	28	7 840	17,61
10	1000	2,25	30	9 000	20,22
11	1210	2,72	33	10 890	24,46
12	1440	3,24	36	12 960	29,11
13	1690	3,80	39	15 210	34,16
14	1960	4,41	43	18 490	41,53
15	2250	5,06	46	21 160	47,53
16	2560	5,75	49	24 010	53,82
18	3240	7,28	52	27 040	60,73
Millim.	Kilogramm.		Millim.	Kilogramm.	

Aeufsere Breite der Kettenglieder = $3^1/_2$-fache Ketteneifenftärke.

b) Drahtfeile.

270.
Verfchiedenheit.

Drahtfeile werden als Litzenfeile, flache Bänder aus Litzen und Kabelfeile angefertigt.

Die Litzenfeile beftehen der Regel nach aus 7 Litzen, von denen jedoch die innere durch eine Hanffeele gebildet wird. Jede der äufseren 6 Litzen befteht entweder aus 6 Drähten und dünner Hanffeele oder aus 7 Drähten, fo dafs normale Litzenfeile entweder $6 \times 6 = 36$ oder $6 \times 7 = 42$ Drähte enthalten. Schwache Seile werden wohl ohne Seele aus 4 fechsdrähtigen Litzen zufammengedreht und enthalten dann $6 \times 4 = 24$ Drähte. Der äufsere Durchmeffer d eines aus 36 Drähten beftehenden Seiles beträgt faft genau 8 Drahtdurchmeffer δ, fo dafs $d = 8\,\delta$.

Die Bandfeile können fehr verfchiedene Zahlen von Drähten enthalten; gewöhn-

lich werden fie aus 6 Strähnen von je 24 Drähten geflochten, enthalten daher in diefem Falle $6 \times 24 = 144$ Drähte.

Die Kabelfeile werden nur zum Theile oder gar nicht aus Litzen gedreht, fondern aus einzelnen Drähten zufammengefetzt. Die Verfchiedenheit der Drahtanzahlen ift hier alfo eine weit gehende.

Aufserdem kommen, namentlich bei Verwendung des fpröden Stahldrahtes, ungedrehte Seile vor, welche jedoch nur für grofse Trag-Conftructionen (Kabelbrücken) Bedeutung haben; für Bauarbeiten werden fie nicht verwendet.

271.
Berechnung.

Die Feftigkeit des beften hier verwendeten Holzkohleneifens beträgt 5000 kg für 1 qcm, welche durch das Drehen des Drahtes in fchlanken Windungen nur wenig beeinträchtigt wird. Sollen die Seile alfo 5-fache Sicherheit haben, fo dürfen fie mit 1000 kg für 1 qcm beanfprucht werden.

Ift δ der Drahtdurchmeffer, n die Anzahl der Drähte, P die zu tragende Laft (in Kilogr.) und s' die zuläffige Beanfpruchung (in Kilogr. für 1 qcm), fo mufs ftattfinden

$$n \frac{\delta^2 \pi}{4} s' = P \quad \text{und} \quad \delta = \sqrt{\frac{4 P}{n \pi s'}} \quad \ldots \ldots \quad 141.$$

Bei 1000 kg zuläffiger Beanfpruchung ergiebt fich danach.

für Seile mit 36 Drähten $\delta = 0{,}006 \sqrt{P}$ Centim.,

» » » 42 » $\delta = 0{,}0055 \sqrt{P}$ Centim.

Für ein Seil, welches 2500 kg tragen und aus 42 Drähten beftehen foll, mufs alfo

$$\delta = 0{,}0055 \sqrt{2500} = 0{,}275 \text{ cm}$$

gewählt werden.

Bei Verwendung von Gufsftahl-Drahtfeilen kann die zuläffige Beanfpruchung bei 5-facher Sicherheit auf 2000 kg für 1 qcm gefteigert werden; die obigen Formeln nehmen für diefen Fall die Form an:

für Seile mit 36 Drähten $\delta = 0{,}0043 \sqrt{P}$ Centim.,

» » » 42 » $\delta = 0{,}0039 \sqrt{P}$ Centim.

Drahtfeile aus gehämmertem Holzkohleneifen
von *Felten & Guilleaume* in Köln.

Litzenfeile					Bandfeile						Kabelfeile				
d	n	δ	G	G_1	b	d	n	δ	G	G_1	d	n	δ	G	G_1
7	24	0,9	0,21	1 200	40	8	144	0,9	1,07	3 600	30	114	1,9	3,20	13 000
8	36	0,9	0,32	1 800	55	11	144	1,2	1,60	7 200	33	133	1,9	4,00	15 000
10	42	0,9	0,38	2 100	65	13	120	1,5	2,66	13 000	35	84	2,5	4,00	16 800
11	36	1,2	0,48	2 500	75	16	144	1,5	3,50	16 000	40	114	2,5	5,90	23 000
13	42	1,2	0,58	3 000	90	16	168	1,5	4,10	18 500	43	133	2,5	6,72	26 000
15	36	1,5	0,75	4 200	75	14	120	1,9	3,68	21 000	45	234	1,7	6,90	24 000
16	42	1,5	0,85	5 000	80	17	144	1,9	4,25	25 000	48	152	2,5	7,84	30 000
18	36	1,9	1,07	6 300	100	20	168	1,9	5,10	29 000	50	294	1,9	9,00	34 000
20	42	1,9	1,28	7 400	110	20	196	1,9	5,84	34 000	50	133	3,1	9,30	40 000
22	49	1,9	1,53	8 600	125	20	224	1,9	6,67	39 000	60	234	2,8	11,50	39 000
23	36	2,5	1,70	11 000	135	22	256	1,9	8,00	45 000	60	133	3,5	12,00	50 000
25	42	2,5	2,18	12 600	130	23	168	2,5	7,97	50 000	65	294	2,8	13,90	50 000
25	84	1,9	2,40	14 700	150	23	196	2,5	9,30	58 800	65	152	3,5	13,90	57 000
28	42	2,7	2,40	14 700	170	23	224	2,5	10,70	67 000	72	294	2,5	16,00	58 000
30	36	3,1	2,55	16 200	175	28	256	2,5	14,50	77 000	75	294	2,7	17,60	68 000
Millim.		Millim.	Kilogr.		Millim.			Millim.	Kilogr.		Millim.		Millim.	Kilogr.	

d = Durchmeffer bezw. d = Dicke, b = Breite } des Seiles.

δ = Durchmeffer der Drähte,
n = Zahl der Drähte,
G = Gewicht für 1 lauf. Meter in Kilogr.,
G_1 = Bruchbelaftung.

Für kleinere Lasten werden der Regel nach Litzenseile, für schwerere Bandseile oder auch Kabelseile verwendet, für welche die obige allgemeine Formel $\delta = \sqrt{\frac{4 P}{n \pi s'}}$ unter mehr willkürlicher Annahme von n giltig bleibt.

Der Verschleiss der Drahtseile ist erheblich und ist bei der Berechnung in Rücksicht zu ziehen, da die in neuem Zustande eben genügend starken Seile bald zu schwach werden; übermäsig starke Seile sind andererseits zu theuer; man darf daher in der Verstärkung nicht zu weit gehen. Die öconomisch besten Seile sind etwa die für den Zustand der Neuheit mit 10-facher Sicherheit, d. h. mit $s' = 500^{kg}$ pro 1^{qcm} für Eisendraht und $s' = 1000^{kg}$ pro 1^{qcm} für Stahldraht berechneten.

Gebräuchliche Abmessungen von Drahtseilen aus bestem Schmiedeeisen giebt die neben stehende Tabelle.

---

5. Kapitel.

Anker.

272. Verschiedenheit.

Anker kommen im Hochbau als Steinanker, als Balkenanker, als Anker zur Uebertragung von Zugspannungen in grösseren Holzgespärren (Dachverbänden), als Anker zur Aufhebung der Horizontalschübe von Wölb-Constructionen und als Fundament-Anker vor, um namentlich Eisentheile mit gemauerten Fundamenten in feste Verbindung zu bringen. Von den Steinankern war bereits im 1. Abschnitt (Art. 105, S. 83) die Rede, so dass diese hier nicht weiter in Betracht kommen.

273. Balkenanker.

Balkenanker bringen die Balkenköpfe einer Balkenlage mit den die Balken tragenden Aussenwänden in Verbindung. Sie haben nur den Zweck, zufällige Verdrückungen und Ausbauchungen mittels der Zugfestigkeit der durchlaufenden Balken zu verhindern, werden also nicht durch genau anzugebende Kräfte beansprucht und können daher nicht berechnet werden.

Fig. 514.

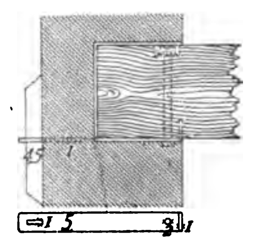


Fig. 515.

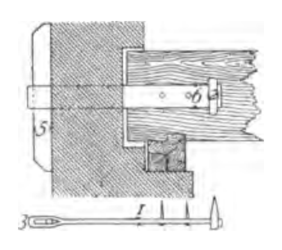
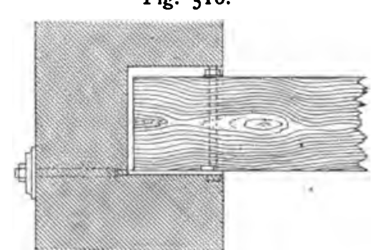
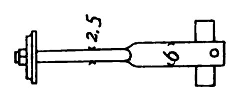


Fig. 516.





Sie bestehen meist aus Flacheisen, seltener aus Rundeisen, werden an dem einen Ende an der Seitenflanke oder Unterfläche der Balken mittels angeschmiedeter Spitze, übergeschlagenem Krampen oder durchgezogenem Schraubenbolzen und Druckplättchen am Balken befestigt und tragen am anderen Ende ein Auge, durch welches ein aussen vorspringender oder in das Mauerwerk eingreifender Splint gesteckt wird. Der Splint ist der die Mauer haltende Theil, soll daher eine grössere Zahl von Mauerschichten fassen, muss also

BALKENANKER.

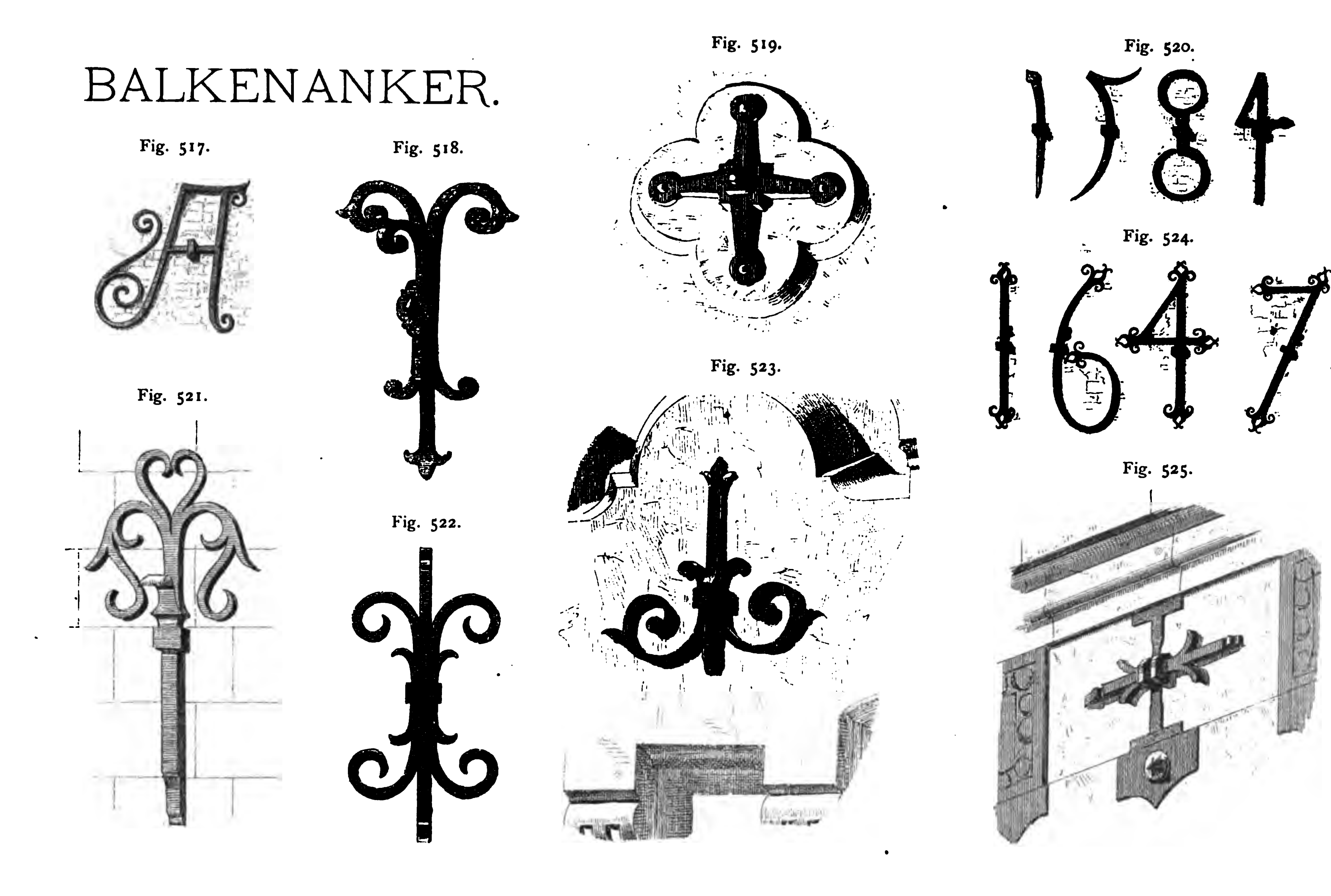
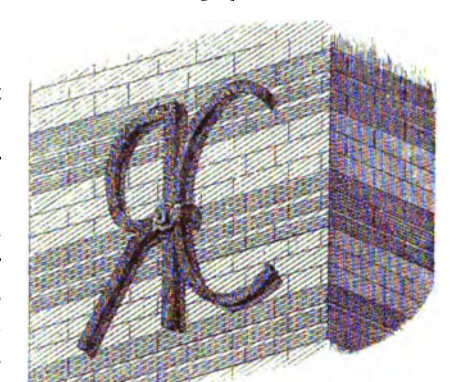


Fig. 517. Fig. 518. Fig. 519. Fig. 520. Fig. 521. Fig. 522. Fig. 523. Fig. 524. Fig. 525.

vertical geftellt und mindeftens 40 cm lang fein. Er hat als Träger unter dem gleichmäfsigen Drucke des Mauerwerkes als Laft und dem Zuge des Ankerauges als Auflager zu wirken, erhält daher einen hochkantig zur Mauer ftehenden rechteckigen Querfchnitt. Beifpiele folcher Anker geben die Fig. 514 bis 516.

Fig. 526.



Die bei Verankerung ganzer Balkenlagen in Reihen auftretenden Ankerfplinte können zur Herftellung von Namen oder Jahreszahlen benutzt werden, indem man jedem Splinte die Form eines Buchftabens (Fig. 517 u. 526) oder einer Ziffer (Fig. 520 u. 524) giebt; indefs haben die Splinte auch anderweitige formale Durchbildungen erfahren (Fig. 518, 519, 521, 522, 523 u. 525).

Beftehen die Anker aus Rundeifen, fo erfetzt man die Splinte gern durch Muttern mit grofsen gufseifernen Druckplatten (Fig. 516).

274. Anker in Holz-Conftructionen.

Zuganker in Holz-Conftructionen bilden den Erfatz für Zug übertragende Hölzer, wie Zangen und Hängefäulen, oder bilden die eine Schaar (Verticalen oder Diagonalen) in hölzernen Fachwerkträgern (vergl. den vorhergehenden Abfchnitt, Art. 163, S. 116).

Sie beftehen faft ausnahmslos aus Rundeifen und werden an den Enden mittels Mutter und Gewinde oder mittels runden Auges und durchgefteckten Bolzens an den Holztheilen befeftigt. In diefen Befeftigungen ift befonders darauf Bedacht zu nehmen, dafs für die Uebertragung der Kräfte auf die Holztheile hinreichend grofse Druckflächen vorhanden find; die Muttern erhalten zu diefem Zwecke entfprechend grofse und ftarke Unterlagsfcheiben, die durchgefteckten Bolzen im Holze Druckplättchen (Fig. 516).

Man fügt derartige Anker meift zu dem Zwecke in die Holz-Conftructionen ein, um diefe in Spannung bringen zu können, bevor fie ihre volle Belaftung erhalten. Erfolgt die Befeftigung mittels Gewinde und Muttern an den Enden, fo ift dies durch fcharfes Anziehen der Muttern ohne Weiteres möglich. Ift die Befeftigung aber mittels durchgefteckter Bolzen erfolgt, fo fchneidet man den Anker mitten durch und verbindet die Enden mittels eines Spannfchloffes (fiehe Fig. 448, S. 163) oder mittels doppelter Verlafchung angefchweifster Augen nach Fig. 433 oder 434 (S. 156, bezw. 157), indem man ftatt des Bolzens einen Doppelkeil einfetzt und das Auge deffen Länge entfprechend verlängert. Da felbft fcharf gefpannte horizontale Anker bei grofser Länge erheblich durchhängen, fo hängt man fie mittels ftarker Drähte oder fchwacher Rundeifen an der Conftruction auf.

275. Gewölbeanker.

Anker für Wölb-Conftructionen haben den Zweck, den Schub der Wölbungen aufzuheben, wenn nicht hinreichend ftarke Widerlager vorhanden find. Wird der Schub von einzelnen fchmalen Bogen erzeugt, fo ordne man an der Aufsenfeite jeder Widerlagsmauer in Kämpferhöhe einen durchlaufenden Träger an und verbinde diefe beiden Träger in folchen Abftänden durch Zuganker, dafs zwifchen je zweien derfelben der durchweg gleichmäfsig wirkende Gewölbefchub durch die Träger aufgenommen und auf die Anker übertragen werden kann.

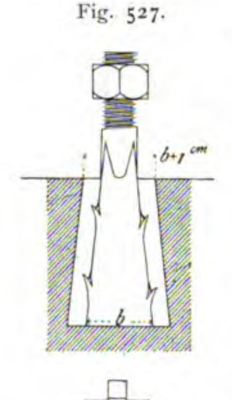
Der Querfchnitt folcher Anker ift regelmäfsig rund, nur felten, wenn der Anker

ganz im Mauerwerke liegt oder den Anfchlufs anderer Theile geftatten foll, flach und an den Enden in den Kreis übergeführt. Von folchen Ankern wird noch im nächften Bande diefes »Handbuches« (Abth. III, Abfchn. 2, A: Gewölbte Decken) eingehend die Rede fein.

276. Fundament-Anker.

Fundament- oder Grundanker dienen meift zur Befeftigung von Metalltheilen (z. B. Säulen, anderen Freiftützen, Statuen etc.) auf gemauerten Unterftützungen und haben entweder nur zufällige Verfchiebungen zu verhindern oder aber die befeftigten Theile vor dem Umfturze unter dem Einfluffe feitlich wirkender Kräfte, namentlich des Winddruckes, zu bewahren.

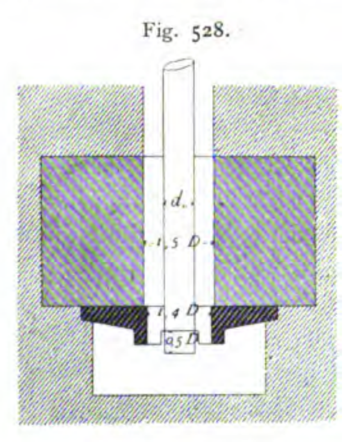
Fig. 527.

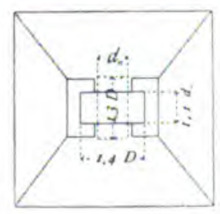


1) Sollen nur zufällige Verfchiebungen verhütet werden, fo genügt die Steinfchraube (Fig. 527), welche in Durchmeffern von 2 bis 4 cm ausgeführt wird. Der Schaft trägt unten einen vierkantigen, feltener runden Conus mit einem Anlaufe der Seiten von 1 : 15 bis 1 : 10, deffen Kanten zweckmäfsig durch Meifselfchläge aufgerauht werden. Diefer Conus wird in dem gleichfalls conifchen Loche bei fchweren und Erfchütterungen ausgefetzten Conftructionen durch eiferne Zulagen (Fig. 527) feft geftellt und vergoffen; bei ruhiger Belaftung fehlen die Zulagen. Zum Vergiefsen wird Blei verwendet, das im kalten Loche aber meift nicht ausläuft und dann auch durch Verftemmen nicht zu dichtem Schluffe zu bringen ift; man zieht daher jetzt meift guten Cement für diefen Zweck vor. Die Tiefe des Eingriffes beträgt für kleine Bolzen 15 cm, fteigt für die ftärkften nicht über 40 cm.

2) Haben die Anker Laften zu tragen, wie dies z. B. bei Verankerungen gegen Winddruck immer der Fall ift, fo müffen fie eine ihrer Laft entfprechende Menge Mauerwerk faffen, daher ihr Auflager mittels Splint oder Mutter auf einer Druckplatte finden, welche behufs Faffen grofser Mauermaffen durch mehrere Anker in einen Träger übergehen kann. Da diefe im Mauerwerk fteckenden Platten fchwer zugänglich find, fo bringt man am oberen Ankerende ein Spannfchlofs an. Häufig kann man die in kleine Nifchen eingemauerten Druckplatten überhaupt nicht zugänglich erhalten; man giebt dem Anker dann einen rechteckigen Kopf, welcher zu tief durchgefteckt, um 90 Grad gedreht und wieder angezogen den Anker in der entfprechend geformten Druckplatte unabänderlich feft legt (Fig. 528). Die Druckplatte erhält einen Auflagerquader.

Fig. 528.





Die Grundplatten werden quadratifch oder kreisrund aus Gufseifen hergeftellt; fie müffen eine fo grofse Fläche F erhalten, dafs fie den Ankerzug P [89]) mit Sicherheit auf eine hinreichend grofse Fläche übertragen. Ift die im Anker wirkfame Zugkraft P in Kilogramm ausgedrückt, fo ift

89) Ueber die Ermittelung des Ankerzuges, fo weit er bei zu verankernden Freiftützen in Frage kommt, giebt das folgende Kapitel (Art. 296) die erforderlichen Anhaltspunkte.

für gewöhnliches Backsteinmauerwerk . $F = \frac{P}{7}$ Quadr.-Centim.,
» Klinkermauerwerk in Cementmörtel . $F = \frac{P}{12}$ » » ,
» lose Quader . . . . $F = \frac{P}{20}$ » » ,
» sehr feste Quader . . . . $F = \frac{P}{45}$ » » ,
. . . 142.

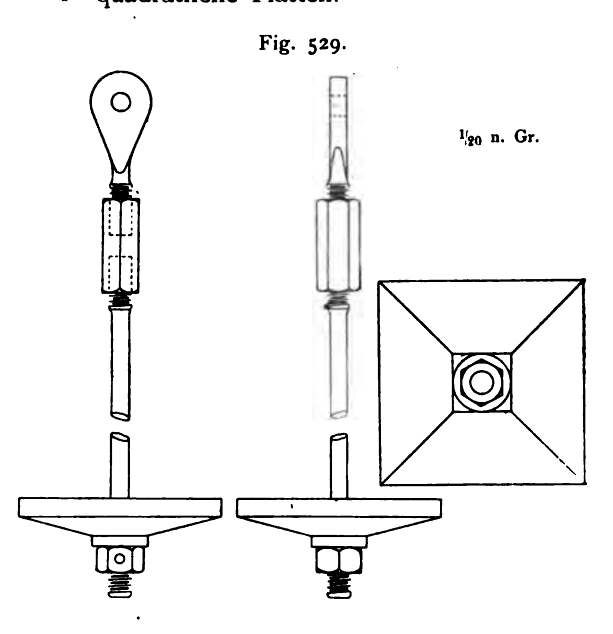
zu machen.

Die Dicke δ der Ankerplatten berechnet sich zu

$\delta = 0{,}05 \sqrt{P}$ Centim. für kreisrunde Platten und
$\delta = 0{,}055 \sqrt{P}$ » » quadratische Platten.

Geht für eine ganze Reihe von zu verankernden Freistützen etc. die Ankerplatte in einen Träger über, so muss dieser die genügende Steifigkeit besitzen, um unter dem Zuge zwischen je zwei Stützen nicht durchzubiegen.

Fig. 529.



Einzelheiten ausgeführter Anker-Constructionen sind aus Fig. 529 bis 532 zu entnehmen.

Fig. 529 zeigt die Anker, welche im Bahnhofe Friedrichstrasse der Stadtbahn in Berlin die Füsse der Hallenbogen mit den Pfeilern der Viaducte verbinden, auf denen die Gleise ruhen. Die Anker liegen schräg geneigt in den Pfeilern, die Druckplatten so nahe an der Viaduct-Stirn, dass man sie leicht erreichen kann. Die Anker haben hier zugleich den Horizontalschub der Bogen, so wie die horizontalen Windangriffe aufzunehmen. Die Mitten ihrer Bolzenaugen liegen in der Drehaxe der Gelenke, auf denen die Bogenfüsse stehen. Die Anker stecken in Drainrohren, welche behufs Erleichterung nachträglicher Einbringung der Anker bei der Aufführung der Pfeiler auf eine starke Holzstange gereiht mit eingemauert wurden.

Fig. 530.

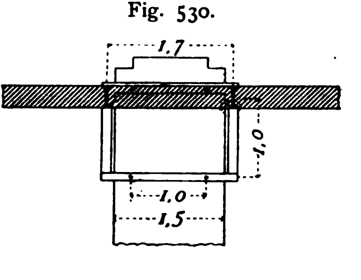


Fig. 531.

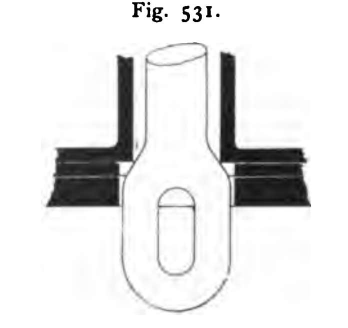
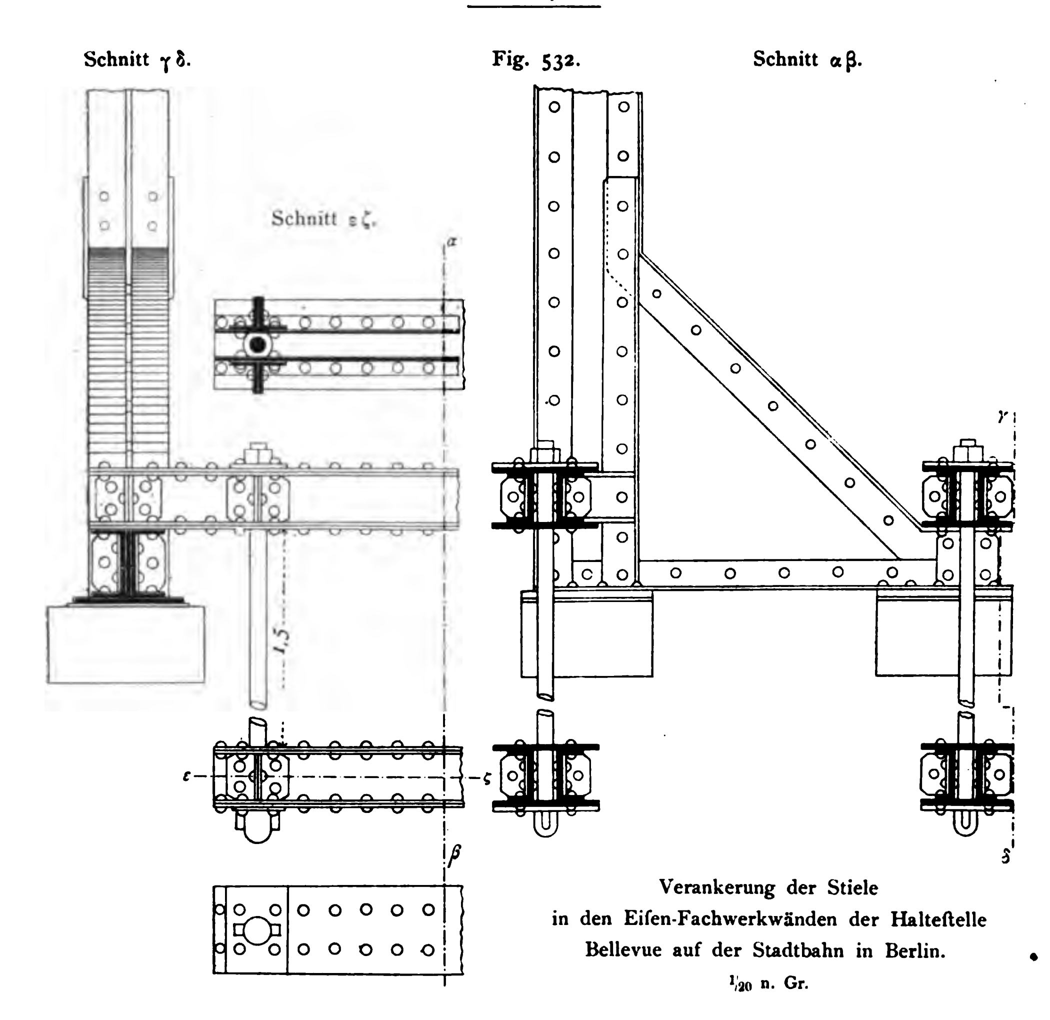


Fig. 530 bis 532 zeigen die Verankerung der Stiele in den Eisen-Fachwerkwänden der Haltestelle Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin. Diese sind so berechnet, dass sie den Winddruck auf die Aussenwand einerseits, den geringeren Winddruck auf das Hallendach von der anderen Seite tragen können. Die als Hebel für die Ankerzüge an die Stielfüsse angeschlossenen Consolen haben wegen dieser wechselnden Windbeanspruchung an jedem Ende einen Anker und einen Druckquader. Auch diese Halle steht auf steinernen Viaducten; es wurden jedoch, wegen architektonischer Anforderungen, die beiden über einem $1{,}5$ m dicken Viaduct-Pfeiler stehenden Wandstiele (Fig. 530) $1{,}7$ m aus einander gerückt, und somit war unmittelbare verticale Verankerung unmöglich, da die Anker in dieser Lage kein Mauerwerk mehr gefasst hätten. Es wurden daher zwischen die Stielfüsse und über die Consolen-Enden die in Fig. 532 dargestellten Ankerträger gelegt, welche die Muttern der 1 m von einander abstehenden Anker tragen. Die Druckplatten wurden



Verankerung der Stiele in den Eifen-Fachwerkwänden der Halteftelle Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin.

1/20 n. Gr.

gleichfalls als folche Träger ausgebildet, welche die Pfeilerftärke nicht ganz durchfetzen, alfo nicht fichtbar find, und die obere Gurtung diefer bietet die erforderliche Druckfläche. Unten erfolgt die Befeftigung durch Splinte nach Fig. 531; Nachfpannen ift alfo nur mit Hilfe der oberen Muttern möglich. Um diefe zugänglich zu erhalten, find die Confolen der beiden Wandftiele nebft den oberen Ankerträgern mit einer Schachtmauerung umgeben, welche, mit einer Gufsplatte abgedeckt, von Arbeitern beftiegen werden kann. Die unteren Ankerträger liegen fo tief im Pfeiler, dafs der lichte lothrechte Abftand zwifchen den Ankerträgern 1,5 m beträgt. Diefe Tiefe hängt von der Gröfse der Mauerlaft ab, welche an den Ankern hängen mufs, um das Angriffsmoment des Winddruckes aufzuheben.

6. Kapitel.

Freiftützen.

Freiftützen in Eifen werden, da fie in der Regel vorwiegend Druckfpannungen ausgefetzt find, fowohl in Gufseifen, wie in Schmiedeeifen ausgeführt.

a) Freiftützen in Gufseifen.

277. Anwendung.

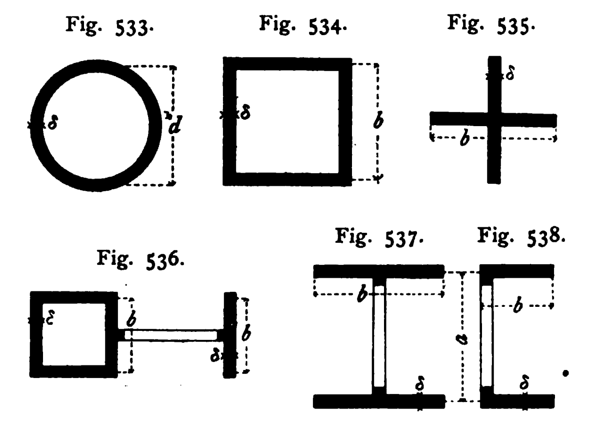
Die in Gufseifen ausgeführte Freiftütze hat in vielen Fällen dadurch Unglücksfälle verurfacht, dafs fie bei Feuersbrünften ftark erhitzt, dann, vom kalten Strahle

des Spritzenfchlauches getroffen, fprang und plötzlich zufammenbrach. Diefer Mangel hat fchon feit längerer Zeit die gufseiferne Freiftütze, wie den gufseifernen Träger aus den Hochbauten nordamerikanifcher Städte ganz verbannt, wo fie durch Schmiedeeifen erfetzt ift. In Europa überwiegt die Verwendung des Gufseifens für diefe Conftructionstheile, wegen der bequemen Formengebung und des meift geringeren Preifes gegenüber dem des Schmiedeeifens, noch erheblich.

Indefs ift durch die neue »Baupolizeiliche Vorfchrift über Stützen-Conftructionen in Hochbauten in Berlin« (vom 4. April 1884[90]) die Verwendung gufseiferner Freiftützen unter maffiven Wänden von Gebäuden, welche unten Gefchäfts-, oben Wohnräume enthalten, von der Bedingung abhängig gemacht, dafs diefe Stützen durch fefte Ummantelungen aus Schmiedeeifen der unmittelbaren Berührung durch Feuer und Waffer entzogen werden; anderenfalls dürfen fie nur aus Schmiedeeifen oder aus Klinkermauerwerk in Cementmörtel gebildet fein[91]. Als anderweite Mittel, um die Erhitzung von gufseifernen Freiftützen zu verhindern, find für hohle Querfchnitte Vorkehrungen zu fchneller Füllung mit Waffer oder zur Erzeugung von frifchem Luftzuge von unten her bei Feuersgefahr vorgefchlagen; diefe ftofsen jedoch meift auf Schwierigkeiten und find in ihrem Erfolge nicht erprobt[92]. Bei fchweren Laften ift auch die häufig durchgeführte Ausnutzung hohler Freiftützen zu Rauchrohren nicht zu empfehlen, da die Erhitzung der Wandungen und die Einführung des Feuerzuges die Tragfähigkeit wefentlich beeinträchtigen. Auch die Benutzung des Inneren hohler Freiftützen zur Ableitung von Waffer foll dann vermieden werden, wenn die Stütze dem Frofte ausgefetzt ift, da gefrorenes Waffer die Wandungen fprengt. Ift diefe Art der Ausnutzung in nicht froftfreier Lage nicht zu umgehen, fo foll man die Wandungen in nicht zu weiter Theilung mit kleinen Bohrlöchern durchbrechen, damit das quellende Eis einigen Ausweg findet, und die inneren Leitungsrohre aus Gufseifen herftellen.

278. Querfchnitt.

Die Querfchnittsformen gufseiferner Freiftützen find bei völlig freier Stellung der Keisring (Fig. 533), der quadratifche Kaften (Fig. 534) und das Kreuz (Fig. 535). Stehen die Stützen in der Richtung einer Wand als Einfaffung grofser Oeffnungen, fo verwendet man den Querfchnitt nach Fig. 536, den I- (Fig. 537) oder den [-förmigen Querfchnitt (Fig. 538), bei denen der Steg gewöhnlich durchbrochen ift[93].



Bezüglich der Höhenentwickelung der Stützen ift zu beachten, dafs plötzliche Ausladungen in Fufs- oder Kopfprofilen, welche den Querfchnitt plötzlich, ohne Verftärkung, auf einen gröfseren Umfang bringen, bereits Grund zu Zufammenbrüchen geworden find, indem der fchräge Theil der Ausweitung ringsum abgefchert wurde und der engere Theil fich in den weiteren hineinfchob. Der Stützenquerfchnitt foll daher thunlichft unverändert durchlaufen, weshalb weit ausladende Formen maffiv angegoffen, beffer in leichter Ausführung umgelegt werden; die erftere Art der Herftellung bringt Gefahren durch die erheblichen und meift plötzlichen Schwankungen der Wandftärke, fo dafs das letztere Verfahren vorzuziehen ift.

90) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 152. — Deutfche Bauz. 1884, S. 190. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 174.

91) Durch diefe Beftimmung veranlafft, hat neuerdings *Baufchinger* vergleichende Verfuche über die Tragfähigkeit von erft erhitzten, dann kalt angefpritzten Säulen aus Gufseifen und Schmiedeeifen angeftellt, nach denen die erfteren den letzteren überlegen fein follen. (Vergl.: Bauschinger, J. Mittheilungen aus dem mechanifch-technifchen Laboratorium an der k. technifchen Hochfchule in München. 1885, Heft 12 — ferner: Wochbl. f. Baukde. 1885, S. 125 u. 149.)

92) Siehe auch Theil III, Bd. 6 diefes »Handbuches«, Abth. V, Abfchn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.

93) Ueber Ausbildung der nicht centralen Querfchnitte fiehe: Deutfche Bauz. 1881, S. 344 u. 1882, S. 468.

Glaubt man zur Erzielung von kräftigen Profilirungen die Ausweitung des ganzen Stützenquerſchnittes auch im Inneren nicht entbehren zu können, ſo muſs die Ausweitungsſtelle im Inneren durch ſtarke, nach oben und unten ſchlank verlaufende Rippen verſtärkt werden.

Hat die Stütze nicht in allen horizontalen Schnitten gleichen Querſchnitt, ſo iſt für die Berechnung auf einfachen Druck der abſolut kleinſte, für die Berechnung auf Zerknicken in der Regel der in halber Höhe liegende Querſchnitt maſsgebend.

279. Beanſpruchung und Berechnung.

Die Beanſpruchung guſseiſerner Freiſtützen durch äuſsere Kräfte iſt vertical und ganz oder nahezu centriſch. In den ſeltenen Fällen, in denen die äuſseren Kräfte horizontal, geneigt oder erheblich excentriſch wirken, verwendet man zweckmäſsiger Schmiedeeiſen.

Die Berechnung der guſseiſernen Freiſtützen erfolgt daher hier nur für Längsdruck, welcher in oder nahe der Stützen-Schwerpunktsaxe wirkt.

280. Längsdruck in der Schweraxe wirkſam.

1) Der Längsdruck erfolgt in der Schwerpunktsaxe. Die Länge l_1, welche die Stütze haben darf, damit die Querſchnittsbemeſſung lediglich auf den Druck K (in Kilogr. für 1 qcm) ohne Rückſicht auf Zerknicken nach der Gleichung $P = F K$[94]) erfolgen kann, iſt aus der Gleichung[95]) zu ermitteln:

$$l_1 \leq h \sqrt{C} \sqrt{\frac{E}{s K}} \sqrt{c} \; .$$

Für längere Stützen folgt die zuläſſige Laſt P mit Rückſicht auf Zerknicken, welche gleich oder gröſser, als die wirklich vorhandene Laſt ſein muſs, aus der Gleichung[96])

$$P \leq \frac{C E c F h^2}{s l^2} \; .$$

In dieſen Relationen bezeichnet l die Höhe der Freiſtütze, F ihre Querſchnittsfläche, h die kleinſte Querſchnitts-Dimenſion, E den Elaſticitäts-Modul, s den Sicherheits-Coefficienten, c einen von der Querſchnittsform abhängigen Coefficienten und C einen von der Endbefeſtigung der Freiſtütze abhängigen Coefficienten. Der letztere Coefficient nimmt nach Theil I, Band 1 (Art. 340, S. 303) in den drei dort angeführten gewöhnlichen (durch Fig. 135, 136 u. 138 veranſchaulichten) Stützfällen folgende Werthe an:

	Fall 1: Ein Ende eingeſpannt, das andere frei drehbar und verſchiebbar.	Fall 2: Beide Enden frei drehbar und vertical geführt.	Fall 4: Ein Ende eingeſpannt, das andere frei drehbar und vertical geführt.
$C =$	$\frac{\pi^2}{4}$	π^2	$2\pi^2$.

Es iſt weiter $E = 1\,000\,000$ kg für 1 qcm, $s = 8$, $K = 500$ kg für 1 qcm zu ſetzen, und es lauten die obigen Gleichungen alsdann:

$$l_1 \leq 15{,}81 \, h \sqrt{c C} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 143.$$

$$P \leq 125\,000 \, \frac{C c F h^2}{l^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 144.$$

α) Für den Kreisring-Querſchnitt (Fig. 533) erfolgt die Berechnung nach der Gleichung 127. (S. 302) des genannten Bandes: $\delta \, d \, \pi \, . \, 500 = P$, ſo lange gemäſs Gleichung 143. für $c = \frac{1}{8}$ ſtattfindet (S. 306 ebendaſ.):

---

94) Siehe Gleichung 127. (S. 302) in Theil I, Bd. 1 dieſes »Handbuches«.

95) Siehe Gleichung 131. (S. 303) ebendaſ.

96) Siehe Gleichungen 128. u. 130. (S. 302 u. 303) ebendaſ.

	Fall 1:	Fall 2:	Fall 4:	
$d >$	$\frac{l}{8{,}78}$	$\frac{l}{17{,}56}$	$\frac{l}{24{,}82}$	. . . . . . 145.

Sind diese Längenverhältnisse nicht einzuhalten, so ergeben sich zulässige Last P, mittlerer Durchmesser d oder Wandstärke δ für $h = d$, $c = \frac{1}{8}$ nach Gleichung 144. zu:

$$P \leq 49062\, C \frac{\delta\, d^3}{l^2}, \quad d > \sqrt[3]{\frac{P\, l^2}{49062\, C\, \delta}} \quad \text{und} \quad \delta \geq \frac{P\, l^2}{49062\, C\, d^3} \quad . \quad 146.$$

In solchen Fällen, wo der äufsere Durchmesser unabänderlich vorgeschrieben ist, mufs man für δ eine vorläufige Annahme machen, welche durch zweimalige Rechnung zu corrigiren ist; man wähle dabei $\delta \gtrless \frac{14}{41}$ Millim.

β) Für den quadratischen Kastenquerschnitt (Fig. 534) ist nach Gleichung 130. (S. 303) des genannten Bandes

$$c = \frac{2\, \frac{\delta\, b^3}{12} + 2\, \delta\, b \left(\frac{b}{2}\right)^2}{4\, \delta\, b\, b^2} = \frac{1}{6} \, .$$

Gleichung 143. giebt für das die Gefahr des Zerknickens ausschliefsende Verhältnifs der Breite zur Länge

	Fall 1:	Fall 2:	Fall 4:	
$b >$	$\frac{l}{10{,}14}$	$\frac{l}{20{,}28}$	$\frac{l}{28{,}68}$	. . . . . . 147.

Ist dies nicht einzuhalten, so mufs werden (nach Gleichung 144.)

$$P < \frac{83332\, C\, b^3\, \delta}{l^2}, \quad b = \sqrt[3]{\frac{P\, l^2}{83332\, C\, \delta}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{P\, l^2}{83332\, C\, b^3} \quad . \quad 148.$$

γ) Für Stützenquerschnitte nach Fig. 536 — in welchen die Querstege in der weiter unten zu besprechenden Theilung zu wiederholen und die für die Berechnung des Gesammtquerschnittes zu vernachlässigenden Rippen zwischen diesen Stegen etwa 5 cm breit zu machen sind — ist annähernd

$$c = \frac{\frac{3\, \delta\, b^2}{12} + 2\, \delta\, b \left(\frac{b}{2}\right)^2}{5\, \delta\, b\, b^2} = \frac{3}{20} \, ;$$

folglich das die Gefahr des Zerknickens ausschliefsende Breitenmafs nach Gleichung 143.:

	Fall 1:	Fall 2:	Fall 4:	
$b \geq$	$\frac{l}{9{,}61}$	$\frac{l}{19{,}23}$	$\frac{l}{27{,}2}$	. . . . . . 149.

Bei geringerer Abmessung für b mufs nach Gleichung 144. stattfinden:

$$P \leq \frac{93750\, C\, b^3\, \delta}{l^2}, \quad b = \sqrt[3]{\frac{P\, l^2.}{93750\, C\, \delta}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{P\, l^2}{93750\, C\, b^3} \quad . \quad 150.$$

δ) Für den Kreuzquerschnitt (Fig. 535) ist nach Art. 346 (S. 307) des genannten Bandes $c = \frac{1}{24}$; folglich die nicht zerknickende Breite nach Gleichung 143.

$b >$	$\frac{l}{5{,}07}$	$\frac{l}{10{,}14}$	$\frac{l}{14{,}34}$	. . . . . . 151.

Ist b kleiner als dieses Mafs, so mufs nach Gleichung 144. sein

$$P \leq \frac{10416\, C\, \delta\, b^3}{l^2}, \quad b = \sqrt[3]{\frac{P\, l^2}{10416\, C\, \delta}} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{P\, l^2}{10416\, C\, b^3} \quad . \quad 152.$$

ε) Für den I- und ⊏-förmigen Querfchnitt (Fig. 537 u. 538) ift

$$c = \frac{2\,\delta\,b^3}{12\;2\,\delta\,b\,b^2} = \frac{1}{12}.$$

Bezüglich der Rippen und Stege gilt das zu Fig. 536 Gefagte. Die nicht zerknickende Breite wird hier nach Gleichung 143.:

$$\begin{array}{llll} & \text{Fall 1:} & \text{Fall 2.} & \text{Fall 4:} \\ b > & \frac{l}{7{,}17} & \frac{l}{14{,}34} & \frac{l}{20{,}28} \end{array} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 153.$$

Für geringere Breiten mufs nach Gleichung 144. fein:

$$P < \frac{20833\;C\,\delta\,b^3}{l^2},\quad b = \sqrt[3]{\frac{P\,l^2}{20833\;\delta\;C}}\quad \text{und}\quad \delta = \frac{P\,l^2}{20833\;C\,b^3} \quad \ldots \quad 154.$$

Sollte in diefen Querfchnitten einmal ausnahmsweife a gegen b fo klein werden, dafs das Trägheitsmoment für die zu den Flanfchen parallele Axe das kleinfte wird, fo find die Formeln 153 u. 154 für $c = \frac{2\,b\,\delta\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2\,b\,\delta\,a^2} = \frac{1}{4}$ aufzuftellen.

Fig. 539.

ζ) Mehrfach zufammengefetzte Querfchnitte, wie der fehr häufig verwendete in Fig. 539, find nach dem für fchmiedeeiferne Stützen zu erläuternden Verfahren (Art. 288) zu berechnen.

Die Theilung λ, innerhalb deren bei den Querfchnitten Fig. 536, 537, 538 u. 539 mit offenen Stegen je zwei Stege vorhanden fein müffen, ergiebt fich bei s-facher Sicherheit[97]) zu:

$$\lambda = 2\,\pi\sqrt{\frac{E\,\mathfrak{J}_{min}}{s\,P}}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 155.$$

oder für einfache Querfchnitte gemäfs $\mathfrak{J}_{min} = c\,F\,h^2$ zu

$$\lambda = 2\,\pi\,h\sqrt{\frac{c\,E\,F}{s\,P}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 156.$$

Bei der Benutzung aller diefer Formeln find die Kräfte in Kilogr. und die Längen in Centim. einzuführen.

281.
Beifpiele.

Beifpiele: 1) Die Freiftütze für den Träger eines Schaufenfters hat bei 375 cm Länge 47 000 kg zu tragen, mufs als oben und unten verdrehbar gehalten (Fall 2) angefehen werden und foll einen Querfchnitt nach Fig. 536 u. 540 mit 18 cm gröfster Breite erhalten; die für die Berechnung unwefentliche Tiefe ift 77 cm. Da die äufsere Breite nur 18 cm betragen foll, fo darf b mit nur etwa 18 — 3 = 15 cm angefetzt werden, und die Länge, bei welcher die Stütze einfach auf 500 kg Druck für 1 qcm zu berechnen fein würde, ift nach Gleichung 149.

Fig. 540.

$$l_1 = 19{,}23 \cdot 15 = 288 \text{ Centim.}$$

Da die Stütze länger ift, mufs fie nach den Gleichungen 150. bemeffen werden, und zwar wird

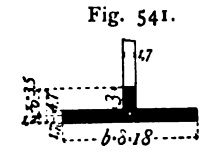
$$\delta = \frac{47\,000 \cdot 375^2}{93\,750 \cdot \pi^2 \cdot 15^3} = 2{,}09 \text{ Centim.};$$

b ift fomit genauer = 18 — 2,09 = 16,0 cm einzuführen; l_1 wird mit 19,23 . 16,0 = 307 cm kleiner, als die Länge der Stütze, und die Wandftärke wird nach den Gleichungen 150. genauer

$$\delta = \frac{47000 \cdot 375^2}{93750 \cdot \pi^2 \cdot 16{,}0^3} = 1{,}75 \text{ Centim.},$$

wofür mit Rückficht auf abermalige Vergröfserung von b die Wandftärke δ = 1,7 cm ausgeführt wird.

Fig. 541.



97) Nach Gleichung 94. (S. 296) in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«.

Es ist noch fest zu stellen, in welchen Abständen der hintere Flansch mit dem vorderen Kasten durch Stege verbunden werden muss. Es ist nach Fig. 541

$$x_0 (18 \cdot 1{,}7 + 3 \cdot 1{,}7) = 18 \cdot 1{,}7 \frac{1{,}7}{2} + 3 \cdot 1{,}7 \left(1{,}7 + \frac{3}{2}\right), \text{ woraus } x_0 = 1{,}16 = \infty\, 1{,}2;$$

ferner

$$\mathfrak{J}_{min} = 18 \frac{1{,}2^3 + (1{,}7 - 1{,}2)^3}{3} + 1{,}7 \frac{3{,}5^3 - 0{,}5^3}{3} = 36.$$

Die auf den Hinterflansch kommende Last ist bei Lastübertragung im Schwerpunkte des ganzen Stützenquerschnittes und bei der dann entstehenden gleichförmigen Vertheilung, da der Hinterflansch $\frac{1}{5}$ des Gesammtquerschnittes ausmacht, gleich $\frac{1}{5}$ der ganzen Last, also $\frac{47\,000}{5} = 9400$ kg; somit wird nach Gleichung 155. (für $s = 8$) $\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{1\,000\,000 \cdot 36}{8 \cdot 9400}} = 225$ cm. Die Stege müssen sich also in Abständen von mindestens 113 cm wiederholen.

2) Eine frei stehende Säule, deren oberes Ende frei beweglich ist, während sie unten mit breiter Platte aufsteht (Fall 1), hat bei 7,5 m Länge eine Belastung von 56 000 kg zu tragen; sie soll bequemen Gusses wegen 2,8 cm Wandstärke erhalten; welchen Durchmesser muss sie in halber Höhe haben?

Nach Gleichung 146. ist $\left(\text{für } C = \frac{\pi^2}{4}\right)$ $d = \sqrt[3]{\frac{56\,000 \cdot 750^2 \cdot 4}{49\,062 \cdot \pi^2 \cdot 2{,}8}} = 45$ cm, folglich der äußere Säulendurchmesser in der Mitte der Höhe gleich 47,8 cm oder rund 48 cm. Soll die Säule Schwellung erhalten, so muss für den schwächsten Querschnitt am oberen Ende noch stattfinden $2{,}8\, d\, \pi \cdot 500 = 56\,000$ oder $d = 13$ cm; der äußere Durchmesser brauchte also nur rund 16 cm zu sein, und es kann somit jedes praktisch verwendbare Maß der Schwellung ausgeführt werden.

3) In eine 1 Stein starke Innenwand soll ein I-förmiger Ständer gestellt werden, dessen Flansche behufs bündigen Einputzens 1,8 cm dick sein müssen, so dass die ganze Höhe des Profiles 28,6 cm beträgt. Der Ständer ist 4,5 m hoch, oben und unten verdrehbar (Fall 2) und trägt 36 000 kg; wie breit müssen die Flansche gegossen werden?

Sollte die Rücksicht auf Zerknicken außer Acht gelassen werden dürfen, so müsste nach Gleichung 153. b aus $\frac{l}{14{,}34}$ bestimmt werden, also $\frac{450}{14{,}34} = 31$ cm betragen. Da diese Breite unbequem ist, soll die geringste wegen der Gefahr des Zerknickens zulässige ausgeführt werden, welche nach Gleichung 154. aus $b = \sqrt[3]{\frac{36\,000 \cdot 450^2}{20\,833 \cdot 1{,}8 \cdot \pi^2}}$ mit 26,9 cm oder rund 27 cm folgt. Wird die Mittelwand nicht voll gegossen, so ist die Theilung der Verbindungsstege zu berechnen, wie in Beispiel 1.

282. Längsdruck nahe der Schweraxe wirksam.

2) Der Längsdruck wirkt im Abstande u von der Schwerpunktsaxe. Bei Freistützen wird u stets in der Richtung einer der Symmetrie-Axen (Trägheits-Hauptaxen, siehe Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«, Art. 314, S. 270) liegen, so dass für die aus der Excentricität entstehende Biegung die zu u senkrechte neutrale Axe und eines der Hauptträgheitsmomente $\mathfrak{J}$ in Frage kommen. Es bezeichne noch e den Abstand der äußersten Fasern von der neutralen Axe.

Man bemesse den Querschnitt zunächst für Druck in der Schweraxe nach obigen Regeln auf Zerknicken, und untersuche dann den Einfluss der excentrischen Wirkung, indem man die Spannungswerthe [98]

$$\sigma = \frac{P}{F}\left(1 \pm \frac{F}{\mathfrak{J}} u\, e\right) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 157.$$

berechnet; darin ist für die entfernteste Faser auf derjenigen Seite der neutralen Axe, auf welcher P wirkt, neben dem entsprechenden Werthe von e das Plus-Zeichen, für die entfernteste Faser der abgewendeten Seite das Minus-Zeichen zu berücksichtigen, Für die einfachen Querschnitte (Fig. 533, 534, 535, 537 u. 538) kann man auch hier $\mathfrak{J} = c\, F\, h^2$ einführen; die Gleichung lautet dann:

[98]) Nach Gleichung 50. (S. 273) in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

$$\sigma = \frac{P}{F}\left(1 \pm \frac{u\,e}{c\,h^2}\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 158.$$

worin nun h die Querfchnitts-Dimenfion normal zur neutralen Axe bedeutet.

Sollte das Binom in der Klammer für eine der äufserften Fafern negativ, d. h. $u\,e > c\,h^2$ oder $F\,u\,e > \mathfrak{J}$ werden, fo ergäbe fich für σ Zugfpannung, und es empfiehlt fich dann, den Querfchnitt fo abzuändern, dafs auch in diefer Fafer Druck entfteht; auf der anderen Seite darf σ den Werth von höchftens 650 kg nicht überfchreiten.

283. Beifpiel.

Beifpiel. Auf die Freiftütze des Beifpieles 1 in Art. 281 fei die Laft von 47 000 kg fo gelagert, dafs fie in der Mitte A (Fig. 540) der Tiefe von 77 cm angreift. Hier ift $F = 3 \cdot 18 \cdot 1{,}7 + 2 \cdot 14{,}6 \cdot 1{,}7 = 141$ qcm; der Abftand x_0 des Schwerpunktes von der Vorderkante folgt aus

$$x_0 = \frac{18 \cdot 1{,}7\,(0{,}85 + 17{,}15 + 76{,}15) + 2 \cdot 14{,}6 \cdot 1{,}7 \cdot 9}{141} = \backsim 23{,}5\,;$$

fomit ift für die Zugfeite $e = 23{,}5$ cm, für die Druckfeite $e = 77 - 23{,}5 = 53{,}5$ cm das Trägheitsmoment für die Schwerpunktsaxe, welches berechnet werden mufs; weil hier Gleichung 157. zur Verwendung kommt, ift

$$\mathfrak{J} = 18\,\frac{23{,}5^3 - 21{,}8^3 + 7{,}2^3 - 5{,}5^3 + 53{,}5^3 - 51{,}8^3}{3} + 2 \cdot 1{,}7\,\frac{21{,}8^3 - 7{,}2^3}{3} = 113\,096.$$

Die gröfsten Spannungen find demnach nach Gleichung 157.

$$\sigma = \frac{47\,000}{141}\left(1 + \frac{15 \cdot 53{,}5 \cdot 141}{113\,096}\right) = 666 \text{ kg Druck an der Innenkante und}$$

$$\sigma = \frac{47\,000}{141}\left(1 - \frac{15 \cdot 23{,}5 \cdot 141}{113\,096}\right) = 187 \text{ kg Druck aufsen.}$$

Die Stütze genügt demnach eben für die excentrifche Belaftung. Die ftärkere Belaftung des Innenflanfches hat nun aber nach Mafsgabe der Gleichung 155. eine Verkürzung der Theilung λ der Verbindungsftege zur Folge.

284. Ausführung.

Die Herftellung der gufseifernen Stützen erfolgt der Einfachheit halber bei grofser Länge in liegender Stellung; diefe Art geftattet zwar den Gufs fehr langer Theile in einem Stücke; doch fällt der Gufs leicht locker und blafig aus, weil das flüffige Eifen nur unter geringem Drucke fteht, und die Luftblafen aus der langen horizontalen Form fchwer entweichen können. Auch ift es fchwierig, den fchweren Kern fo fteif zu bilden, dafs er in der Mantelform nicht durchhängt, und fo entftehen gerade an der ungünftigften Stelle, in der Mitte der Länge, ungleiche Wandftärken, oben zu grofse, unten zu geringe. Die fich ergebende Schiefe und ungleichmäfsige Dichtigkeit des Querfchnittes haben auf die Tragfähigkeit der Stütze denfelben ungünftigen Einflufs, wie excentrifche Wirkung der Laft, und können eine richtig berechnete Stütze ernftlich gefährden. Die Ungleichmäfsigkeit der Wandftärken ift genau nur durch Anbohren zu erkennen.

Mit Sicherheit werden diefe Mängel nur bei ftehendem Gufse vermieden. Hierbei ift die Länge der Theile eine befchränktere, da Giefsgruben von entfprechender Tiefe erforderlich find. Nur gröfsere Giefsereien haben die nöthigen Anlagen und giefsen Längen bis zu etwa 8 m. Der Gufs wird dicht, weil die Laft des Eifens felbft das Material verdichtet, und die Blafen können nach oben entweichen. In der ftehenden Form kann der Kern leicht centrifch und gerade gehalten werden.

Die Dichtigkeit des Gufses prüft man am beften durch Nachwägen der Stücke von bekanntem cubifchen Inhalte.

b) Freiftützen in Schmiedeeifen.

285. Querfchnitt.

Schmiedeeiferne Stützen beftehen ausfchliefslich aus Walzprofilen, und zwar find für ganz leichte Stützen I- und ⊏-Profile zu verwenden; fchwerere werden durch Vernieten mehrerer Walzeifen hergeftellt.

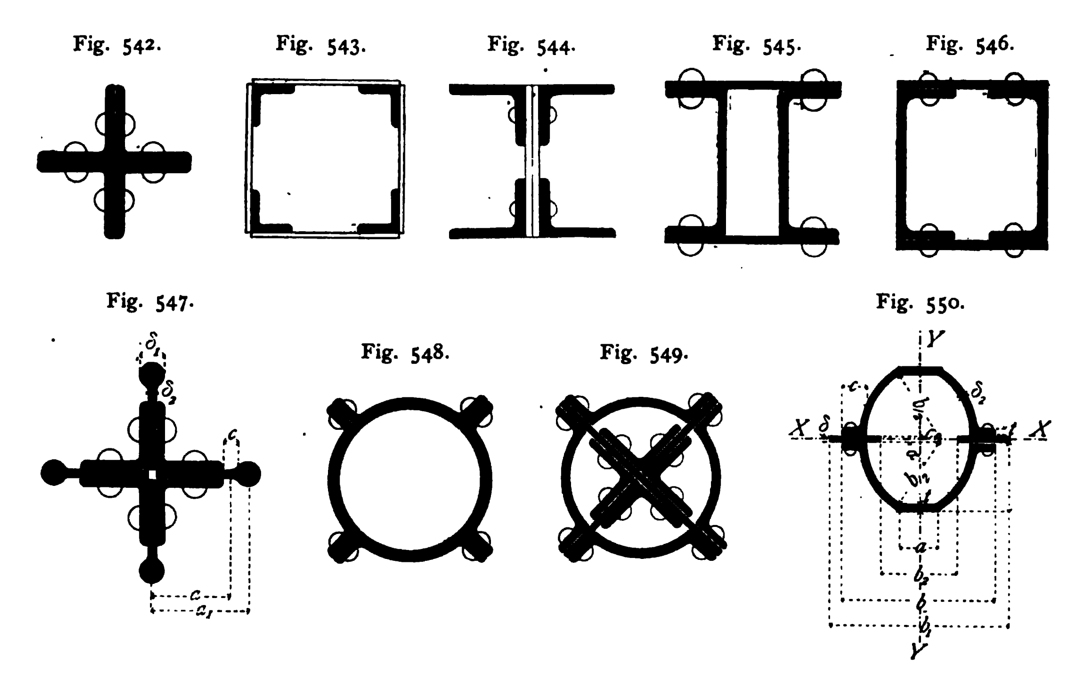


Fig. 542. Fig. 543. Fig. 544. Fig. 545. Fig. 546.

Fig. 547. Fig. 548. Fig. 549. Fig. 550.

Fig. 551.

Da die Theile des Querfchnittes ohne offenen Schlitz feft auf einander genietet werden, da aber die mit Rückficht auf dichten Schlufs der Fuge zu verwendende Heftniettheilung (fiehe Art. 207, S. 144 u. Art. 238, S. 166) von $6d$ bis $8d$ kleinere Abftände der Verbindungen liefert, als die Rückficht auf Widerftand der einzelnen Theile gegen Zerknicken, fo braucht letztere hier nicht — wie für gufseiferne Stützen (Gleichung 155.) — der Berechnung der Theilung der Verbindungen zu Grunde gelegt zu werden. Es kann alfo der Gefammtquerfchnitt mit feinem Trägheitsmomente bei der Berechnung ohne Weiteres benutzt werden, fobald die einzelnen Theile ohne Zwifchenraum auf einander liegen.

Aufser den einheitlichen Walzprofilen, nämlich den I-, [- und für fchwache Stützen den +-Eifen[99]), deren Berechnung ganz nach den

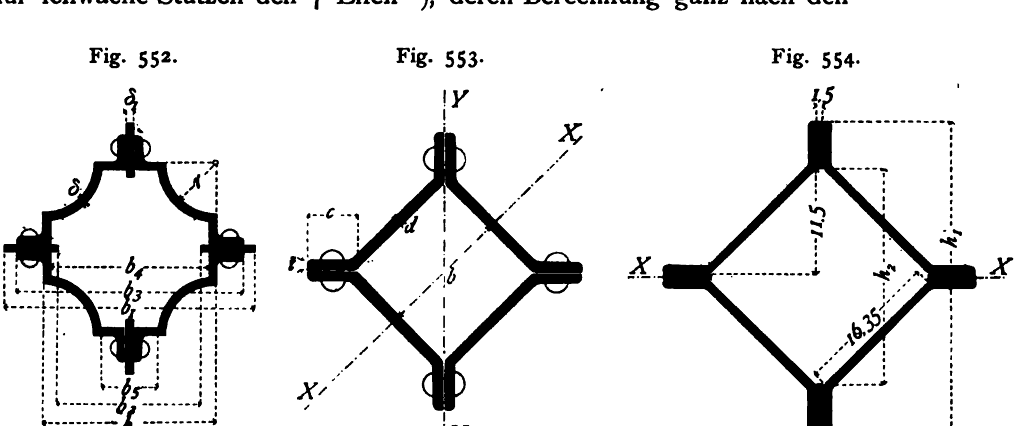


Fig. 552. Fig. 553. Fig. 554.

[99]) Ueber ftarke +-Eifen-Profile nebft zugehörigen Köpfen und Füfsen fiehe: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 552 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 936 u. 1886, S. 40.

obigen Regeln durchgeführt werden kann, find bisher die in Fig. 542 bis 554 dargeftellten zufammengefetzten Querfchnitte verwendbar.

Gemeinfame Eigenfchaft der meiften genieteten Querfchnitte find die durch die Verbindungstheile entftehenden vorfpringenden Rippen, die in der Anficht nicht eben günftig wirken, aber nur bei fo grofsem Umfange zu vermeiden find, dafs das Innere zugänglich wird. Querfchnitte, wie Fig. 546 (Berliner Stadtbahn), find nur in kurzen Stücken herzuftellen, und felbft da bedingt die Nietung der zweiten Platte befondere Vorkehrungen. Aus dem gleichen Grunde find kreisringförmige Stützen aus genietetem Bleche mit kleinem Durchmeffer felten, auch nicht zu empfehlen, da die zur Mitte nicht allfeitig fymmetrifchen Nietnähte den Querfchnitt fchief machen.

286.
Querfchnittsbildung.

Die Elemente für die Querfchnittsbildung fchmiedeeiferner Freiftützen find:

1) das gleichfchenkelige Winkeleifen (Fig. 542, 543, 547 u. 549, fiehe die Normalprofile in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«, Art. 182, S. 194);

2) das ungleichfchenkelige Winkeleifen (Fig. 544, fiehe die Normalprofile ebendaf., Art. 182, S. 195);

3) das [-Eifen (Fig. 545 u. 546, fiehe die Normalprofile ebendaf., Art. 185, S. 197);

4) das I-Eifen, fiehe die Normalprofile ebendaf., Art. 188, S. 198);

5) die Blechplatte als Aufsen-Lamelle (Fig. 543 u. 546) oder als Einlage (Fig. 544 und 549);

6) das Bandeifen als Einlage in Schlitze zwifchen den übrigen Profileifen (z. B. dargeftellt in Fig. 550, 552 u. 554, eben fo einzulegen in die Querfchnitte Fig. 548 u. 553);

7) das Bandeifen mit Rundftab (*fer plat à boudin*, Fig. 547) zur Ausfüllung von Schlitzen und Verfteifung des äufseren Umfanges, vorwiegend in Frankreich angewendet;

8) das Quadrant-Eifen (Fig. 548, 549 u. 551, fiehe die Normalprofile im genannten Bande, Art. 187, S. 197), die bequemfte Form für cylindrifche Freiftützen, gebräuchlichftes Profil amerikanifcher Conftructionen;

9) das Belageifen (Fig. 550, fiehe die Normalprofile ebendaf., Art. 184, S. 196), welches einen ungewöhnlich lang geftreckten Querfchnitt und, wegen der fchmalen Flanfche, eine fchwierige Vernietung ergiebt;

10) das Quadrant-Eifen mit doppeltem Winkel (Fig. 552, Völklinger Hütte), welches im Handel nicht ftets zu haben ift, indefs durch verfchiedenartige Zufammenfetzung die Bildung einer grofsen Zahl von zweckmäfsigen Querfchnitten geftattet;

11) das Trapez-Eifen oder fchiefwinkelige Rinneneifen (Fig. 553 u. 554), welches u. A. von der Burbacher Hütte in nachfolgenden Profilen hergeftellt wird:

Profil Blatt	Profil Nr.	b	c	d	t	Querfchnitt	Gewicht	Trägheitsmoment für die Axen XX oder YY für 4 Eifen.
XXIV	6	16,35	7	1,3	1,3	36,9	28,6	11 747
XXIV	6^{a}	16,35	7	1,5	1,5	42,0	32,6	13 814
XXIV	6^{b}	16,35	7,3	1,7	1,7	47,2	36,6	15 880
XXIV	7	28	8,35	1,8	1,8	88,8	68,9	73 957
XXIV	7^{a}	28	8,5	2	2	96,8	75,1	81 602
XXIV	7^{b}	28	8,63	2,2	2,2	104,8	81,3	89 247
XXIV	7^{c}	28	8,77	2,4	2,4	112,8	87,5	96 892
XXIV	7^{d}	28	8,9	2,6	2,6	120,8	93,7	104 537
XXIV	7^{e}	28	9,05	2,8	2,8	128,8	99,9	112 182
XXIV	7^{f}	28	9,2	3	3	136,8	106,1	119 827
XXIV	7^{g}	28	9,33	3,2	3,2	144,8	112,3	127 472
XXIV	7^{h}	28	9,5	3,4	3,4	152,8	118,5	135 117
XXIV	7^{i}	28	9,6	3,6	3,6	160,8	124,7	142 760
		Centimeter.				Quadr.-Centim.	Kilogr.	Centimeter.

Aufser diefen Profilen, welche noch eine grofse Zahl von Variationen geftatten, kann noch eine weitere Reihe ausgebildet werden, indem man 2, 3, 4 oder noch mehrere diefer Stützen durch Gitterwerk zu gegliederten Freiftützen verbindet oder

in die Hohlräume der einfachen Querfchnitte noch Bleche und Winkeleifen einfügt (Fig. 549 u. 551).

Einen Querfchnitt ersterer Art bildet streng genommen fchon der I-förmige Querfchnitt in Fig. 544, welcher aus 2 T-förmigen Querfchnitten mittels Vergitterung erzielt wurde. Fig. 543 zeigt die Idee eines Quadrat-Querfchnittes aus 4 Winkeleifen und 4 Gitterwänden, in welchem die Winkeleifen fehr häufig umgedreht erfcheinen, fo dafs ein Kreuz aus 4 Winkeln mit fehr breiten Schlitzen entfteht. Fig. 551 die eines zweitheiligen Querfchnittes aus 2 Quadrant-Eifen-Säulen.

Derartige Anordnungen werden jedoch nur bei fehr bedeutender Höhe und Belaftung und namentlich dann verwendet, wenn horizontale oder geneigte Kräfte auf die Freiftütze wirken. Ihre Anwendung wird durch die gewöhnlichen Aufgaben des Hochbaues nur felten bedingt; fie kommen z. B. zur Unterftützung der Dächer weiter Hallen, alfo in Bahnhof-, Markt-, Fefthallen, Ausftellungsgebäuden etc. vor, wo fie die feitlichen Winddrücke aufzunehmen haben.

287. Ausftattung.

Für die äufsere Ausftattung der fchmiedeeifernen Stützen find völlig befriedigende Formen bisher nicht gefunden, da faft alle Profile die mageren Eifendicken zeigen und fich daher den kräftigeren Formen fteinerner und hölzerner Conftructionstheile fchlecht anfchliefsen. Das Walzverfahren geftattet nur die Herftellung völlig prismatifcher Formen. Verjüngungen und Schwellungen können nur durch Verwendung complicirter Herftellungsmethoden (Berliner Stadteifenbahn: trapezförmig gefchnittene Platten für Fig. 546, keilförmig gefchmiedete Einlageftreifen für Fig. 553) mit vergleichsweife hohen Koften erzielt werden; verzierende Theile müffen aus anderweitigem Materiale (Zink, Zinkgufs, Gufseifen) gebildet und mittels Verfchraubung angefetzt werden. Die Nietköpfe verfchwinden durch Verfenkung. Zur völligen Befeitigung diefer Schwierigkeiten find in Amerika Ummantelungen mit Terracotta-Platten vorgenommen worden, welche mittels Blechklammern an befonderen Befeftigungstheilen, bezw. an den Nietköpfen aufgehängt, dann in den Fugen verftrichen oder ganz geputzt find. Es entfteht fo fcheinbar eine fteinerne Stütze, der man jedes gewünfchte Profil geben kann und deren feuerfefter Mantel zugleich den eifernen Kern fchützt. Die Anordnung ift jedoch complicirt und theuer und hat den Mangel, dafs bei Temperaturänderungen in Folge der Bewegungen des Eifens leicht Riffe in den Plattenfugen entftehen [100].

288. Berechnung.

Für einfache Querfchnitte erfolgt die Berechnung auf Zerknicken nach Ermittelung des Coefficienten c (fiehe Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«, Art 340, S. 303) nach den Gleichungen 143., bezw. 144. (S. 186) ganz fo, wie es oben für gufseiferne Stützen gezeigt wurde. Es ift jedoch die allgemeine Ermittelung von c für die meiften Querfchnittsarten nicht möglich, für die angegebenen nur in den Fällen der Fig. 542 u. 544. In allen anderen Fällen, fowohl bezüglich der einheitlichen Querfchnitte, wie auch bezüglich der zufammengefetzten, erfolgt die Ermittelung des gegen Zerknicken widerftandsfähigen Querfchnittes nach der Gleichung 150. (Art. 351, S. 312) des genannten Bandes:

$$F = \frac{f \, \mathfrak{J}_{min}}{\mathfrak{J}_{min} - \alpha f l^2} , \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 159.$$

nach welcher auch zufammengefetzte Querfchnitte aus Gufseifen zu berechnen find. Es bezeichnet $\mathfrak{J}_{min}$ das kleinfte in Frage kommende Trägheitsmoment, f diejenige

[100]) Vergl. auch: Heuser, G. Ueber Pfeiler von verfchiedenfeitiger Structur. Deutfche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468; 1883, S. 456.
Schmiedeeiferne Säulen aus Quadrant-Eifen und Verkleidung eiferner Stützen. Deutfche Bauz. 1884, S. 225.
Koulle, H. Schmiedeeiferne Stützen aus Quadranteifen und L-Eifen. Deutfche Bauz. 1884, S. 235.

Querfchnittsfläche $\frac{P}{K}$, welche fich bei der Berechnung auf einfachen Druck ergiebt, und den Coefficienten $\alpha = \frac{K s}{C E}$ (worin s der Sicherheits-Coefficient).

Wird die zuläffige Druckfpannung K für Hochbau-Conftructionen zu 800 kg für 1 qcm angenommen, der Sicherheits-Coefficient $s = 5$, $E = 2\,000\,000$ kg für 1 qcm gefetzt, fo wird der Coefficient α für die drei gewöhnlichen Befeftigungsfälle

Fall 1 $\left(C = \frac{\pi^2}{4}\right)$: $\alpha = \frac{4 \cdot 800 \cdot 5}{\pi^2 \cdot 2\,000\,000} = 0{,}0008$

Fall 2 $(C = \pi^2)$: $\alpha = \frac{800 \cdot 5}{\pi^2 \cdot 2\,000\,000} = 0{,}0002$

Fall 4 $(C = 2\pi^2)$: $\alpha = \frac{800 \cdot 5}{2\pi^2 \cdot 2\,000\,000} = 0{,}0001$.

Dafs bei den einheitlich vernieteten Querfchnitten wegen der engen Heftniettheilung die einzelnen Beftandtheile nicht auf ihre Steifigkeit unterfucht zu werden brauchen, ift oben gefagt. Bei den durch Vergitterungen hergeftellten Querfchnitten ift jedoch die Knotentheilung des Gitterwerkes nach Gleichung 155.: $\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{E \mathcal{J}_{min}}{s P}}$ zu ermitteln, worin λ die doppelte Knotentheilung, $s = 5$ und P gleich der Laft zu fetzen ift, welche auf den einzelnen Beftandtheil des Querfchnittes kommt.

Die Berechnung auf Biegung bei excentrifcher oder geneigter Belaftung erfolgt, wenn M die Summe der Momente aller verticalen Kräfte bezüglich des Schwerpunktes des Stützenquerfchnittes und aller horizontalen Kräfte bezüglich des unterfuchten Querfchnittes bezeichnet, nach der Gleichung

$$s = \frac{P}{F} \pm \frac{M e}{\mathcal{J}} \text{ [101]}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 160.$$

welche bei Ueberwiegen des zweiten Summanden Zugfpannungen liefern kann.

In den Formeln 155. u. 159. fteckt nun das kleinfte, in 160. das Trägheitsmoment des Querfchnittes bezüglich einer beftimmten, nämlich der zum Momente M gehörigen neutralen Axe. Es mögen daher hier zunächft einige Bemerkungen über die Berechnung der Trägheitsmomente folgen (fiehe Art. 305 bis 317, S. 266 bis 272 in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«).

Die Trägheitsmomente der Querfchnitte in Fig. 542, 545, 544, 546 u. 543 erfolgt durch wiederholte Anwendung der Formel für das Rechteck, wie es a. a. O. in Art. 308 bis 311 (S. 267 u. 268) für mehrere Fälle durchgeführt ift.

Die Trägheitsmomente für Fig. 548 find der Tabelle auf S. 197 des genannten Bandes, jene für Fig. 553 der Tabelle auf S. 192 des vorliegenden Bandes zu entnehmen.

Querfchnitte nach Fig. 549 bedingen gleichzeitige Benutzung der Tabellen und der Formeln für zufammengefetzte Querfchnitte.

Für den Querfchnitt in Fig. 547 ift dem Trägheitsmomente des Kreuzquerfchnittes innerhalb der Winkeleifen für genaue Berechnung noch $\frac{\delta_1^2 \pi}{16}(\delta_1^2 + 8 a_1^2) + \frac{c \delta_2}{6}(12 a_1^2 + \delta_2^2)$ oder für fehr annähernde Berechnung $\frac{\pi \delta_1^2 a_1^2}{2} + 2 c \delta_2 a^2$ hinzuzufügen.

Beim Querfchnitt in Fig. 550 ift nicht ohne Weiteres für alle Fälle zu entfcheiden, ob YY oder XX das Trägheitsmoment $\mathcal{J}_{min}$ liefert. Bezeichnet $\mathcal{J}_1$ das Trägheitsmoment des einzelnen Belageifens für die zur Bafis parallele Schweraxe und $\mathcal{J}_2$ für die dazu lothrechte Symmetrie-Axe (vergl. den oben genannten Band, S. 196), fo ift

$$\mathcal{J}_x = 2\left(\mathcal{J}_1 + \frac{F(h + \delta)^2}{4}\right) + (b_1 - b_2)\frac{\delta^3}{12},$$

[101]) Siehe Gleichung 33. (S. 261) in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«.

$$\mathfrak{J}_y = 2\,\mathfrak{J}_1 + \delta\,\frac{b_1^3 - b_2^3}{12},$$

wenn F den Querfchnitt eines Belageifens bezeichnet. Fehlt die Einlage, fo fetze man $\delta = 0$.

Für Querfchnitte aus dem in Fig. 552 verwendeten Eifen mufs das Trägheitsmoment für jede Form befonders berechnet werden. Für das gewählte Beifpiel ift für jede durch den Mittelpunkt gehende Axe:

$$\mathfrak{J} = r\,\delta\,(r^2\pi + 2\pi b^2 - 8\,r\,b) + \frac{1}{12}\Big[\delta_1\,(b_1^3 - b_2^3) + 2\,\delta\,(b_3^3 + b_5^3 - b_4^3 - \delta_4^3) +$$
$$+ (b_5 - \delta)\,(b^3 - b_4^3) + (b_3 - b)\,\big\{(\delta_1 + 2\,\delta)^3 - \delta_1^3\big\} + (b_1 - b_2)\,\delta_1^3\Big].$$

Fehlen die Einlagen, fo ift $\delta_1 = 0$ zu fetzen.

Schliefslich fei noch erwähnt, dafs in der Regel in gedrückten Querfchnitten die Nietlöcher bei Berechnung der Flächen und Trägheitsmomente nicht abgezogen werden.

289. Beifpiele.

Beifpiele: 1) Es ift eine Säule aus Quadrant-Eifen zu berechnen, welche 35 000 kg bleibender und 24 000 kg nicht ftofsweife wirkender, mobiler Belaftung zu tragen hat. Die Länge ift 630 cm; der Fufs ift eingefpannt und der Kopf verdrehbar gehalten (Fall 4). Der reine Druckquerfchnitt ift (nach Gleichung 18., S. 251 in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«) $f = \frac{35000}{1200} + \frac{24000}{720} = 62{,}5$ qcm. Für Profil Nr. 10 der Tabelle für Quadrant-Eifen mit der Wandftärke von 8 mm (Art. 187, S. 197 des eben genannten Bandes) ift $\mathfrak{J} = 5434$; folglich mufs für $\alpha = 0{,}0001$ nach Gleichung 159. der auszuführende Querfchnitt

$$F = \frac{62{,}5 \cdot 5434}{5434 - 0{,}0001 \cdot 62{,}5 \cdot 630^2} = 115 \text{ qcm}$$

fein. Das gewählte Profil reicht fomit noch nicht aus; es mufs das allerdings zu ftarke Profil Nr. 10 mit der Wandftärke von 12 mm und $\mathfrak{J} = 7395$, $F = 120$ qcm ausgeführt werden.

2) Für 60 000 kg bleibende und 40 000 kg mobile Laft foll eine 800 cm lange, oben und unten verdrehbar gehaltene Freiftütze (Fall 2) nach Fig. 554 mit 1,5 cm ftarken Einlagen ausgebildet werden. Es ift (wieder nach Gleichung 18., S. 251 in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«) $f = \frac{60000}{1200} + \frac{40000}{720} = 105{,}5$ qcm; ferner in Gleichung 159. $\alpha = 0{,}0002$. Wird vorläufig Profil 6 (der Tabelle auf S. 192 im vorliegenden Bande) gewählt, fo ift für die Axe XX

$$h_1 = 2\,\frac{16{,}35}{1{,}414} + 2 \cdot 7 + 1{,}5 = 38{,}5 \text{ cm}, \quad h_2 = 38{,}5 - 14 = 24{,}5 \text{ cm, und}$$

$$\mathfrak{J} = \left[\frac{11747}{4} + 36{,}9\,\left\{\left(\frac{11{,}5 + 1{,}5}{2}\right)^2 - \left(\frac{11{,}5}{2}\right)^2\right\}\right] 4 + 1{,}5\,\frac{38{,}5^3 - 24{,}5^3}{12} + 2 \cdot 7 \cdot \frac{1{,}5^3}{12} = 18383.$$

Es mufs fomit nach Gleichung 159. fein: $F = \frac{105{,}5 \cdot 18383}{18383 - 0{,}0002 \cdot 105{,}5 \cdot 800^2} = 397$ qcm. Thatfächlich ift $F = 4\,(36{,}9 + 1{,}5 \cdot 7) = 190$ qcm; es wird alfo Profil 7 mit $F = 4\,(88{,}8 + 1{,}5 \cdot 8{,}35)$ 405 qcm auszuführen fein, da 6b noch viel zu fchwach ift. Profil 7 ift nach dem vorgeführten Rechnungsgange jedoch noch befonders zu unterfuchen.

c) Kopf der Freiftützen.

290. Ausbildung.

Die Detail-Ausbildung der Stützenköpfe hängt derart von dem zu tragenden Theile ab, dafs eine allgemeine Behandlung nicht thunlich erfcheint. Nur die folgenden Regeln find für die Mehrzahl der Fälle giltig.

Reicht die Freiftütze nur durch ein Gefchofs, fo lagere man die zu tragenden Theile genau centrifch, d. h. fo auf das obere Ende, dafs die Laft ftets im Schwerpunkte des Stützenquerfchnittes wirkt. Träger lagert man daher am beften auf flach abgerundete Schneiden.

Reicht die Stütze durch mehrere Gefchoffe, fo ift es bei Gufseifen in der Regel zweckmäfsig, die die Laft aufnehmenden Theile nicht in fefte Verbindung mit der Stütze zu bringen, fondern einen gefonderten Gufsring mit den nöthigen Anfätzen [102]) um die Stütze zu legen, welcher fich auf einen Wulft der letzteren

[102]) Siehe die Conftruction der Freiftützen im Alhambra-Theater zu London: *Engng.*, Bd. 37, S. 539 u. ff.

fetzt. Man gelangt auf diefe Weife unter allen Umftänden zu einfachen Gufsformen und zur Möglichkeit der Erfüllung der letzten Regel, dafs die Stützen verfchiedener Gefchoffe ohne Einfügung eines Zwifchengliedes und ohne Querfchnittsfchwächungen unmittelbar auf einander ftehen follen.

Die Stützen verfchiedener Gefchoffe werden in der Regel gefondert hergeftellt und greifen in oder dicht über der Kopf-Conftruction falzartig mit abgedrehten Druckflächen unter Einlegung von Blei- oder beffer Kupferringen in einander. Nur bei leichten Stützen werden die die Laft aufnehmenden Theile feft an die Stütze gegoffen, wodurch der Gufs erfchwert wird und die Gufsfpannungen fich erhöhen.

Bei fchmiedeeifernen Stützen nietet man zur Aufnahme der Laften Confolen in die Schlitze für die Füllftreifen, da diefe gegen Zerknicken zugefügten Theile am Kopfe nicht mehr erforderlich find. Fehlen die Schlitze, fo erfolgt die Befeftigung an den vorfpringenden Flanfchen. Für die verfchiedenen Gefchoffe find auch diefe Stützen neuerdings nach Abhobeln der Endflächen, nöthigenfalls unter Einlegung von Kupfer, ftumpf auf einander gefetzt [103]), und es werden alsdann Seitenverfchiebungen durch Einfetzen vorfpringender Lappen in den Fufs der oberen Stütze verhindert, welche in den Kopf der unteren greifen, oder es werden fchmiedeeiferne Platten eingelegt, welche dem Stützenprofile entfprechend oben und unten mit dem Hobel ausgenuthet find.

Das ftumpfe Auffetzen ift jedoch nur bei vertical belafteten Freiftützen zuläffig. Haben fie Biegung auszuhalten, fo müffen gufseiferne Stützen entfprechend tief in einander greifen (vergl. die Ausbildung der Füfse unter d); fchmiedeeiferne find entweder ohne Stofs durchzuführen oder, wenn fie zu lang werden, vollftändig zu verlafchen.

Getheilte Stützen können entfprechend der Abnahme der Laft von unten nach oben in den Gefchoffen fchrittweife verfchwächt werden.

d) Fufs der Freiftützen.

291.
Zweck
und
Ausbildung.

Jede Freiftütze bedarf eines Fufses, welcher die Aufgabe hat, durch Erbreiterung der Bafis die hohe fpecififche Preffung in der Stütze auf die geringere zu ermäfsigen, welche auf Quader, Mauerwerk und Baugrund ausgeübt werden darf [104]). Im weiteften Sinne befteht daher der Fufs bei fchweren Freiftützen aus der gufseifernen Druckplatte, dem Grundquader und dem Fundament-Mauerwerk, von welchen Theilen jedoch häufig einer — am häufigften der Quader — fehlt, mit anderen Theilen vereinigt ift.

Der hier zu betrachtende Fufs der Freiftütze im engeren Sinne ift die Druckplatte, welche die Preffungsvertheilung auf den Quader oder das Mauerwerk herftellt. Ihre Ausbildung hängt wefentlich davon ab, ob lediglich verticale Kräfte wirken und zugleich die Freiftütze verdrehbar aufgeftellt fein foll (Druckplatte) oder ob die Stütze gegen Biegung oder Ausweichen beim Zerknicken eingefpannt fein foll (Ankerplatte).

---

103) Siehe die Conftruction der Freiftützen im neuen Packhof zu Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 375.

104) Wie aus Theil I, Bd. 1, aus der nächften Abtheilung des vorliegenden Bandes und aus dem darauf folgenden Bande diefes »Handbuches« hervorgeht, beträgt die zuläffige Preffung im Mittel für Quader 20 bis 50 kg, für Klinkermauerwerk in Cement 11 bis 14 kg, für gewöhnliches Backfteinmauerwerk 7 bis 8 kg, für Beton 5 bis 6 kg, auf den Baugrund 2 bis 4 kg pro 1 qcm.

1) Druckplatten.

292.
Angegoſſene Druckplatten.

Für leichte Guſsſtützen gieſst man dieſe mit der Stütze ſelbſt zuſammen, wobei jedoch die Endöffnungen hohler Stützen des Guſsverfahrens wegen frei bleiben. Querſchnitte nach Fig. 533 u. 534 erhalten quadratiſche, nach auſsen vorſpringende Platten; bei ſolchen nach Fig. 535 bis 538 verbindet man die einzelnen Theile des Querſchnittes durch eine nöthigenfalls über dieſe noch vorſpringende Bodenplatte.

Bezeichnet σ' die zuläſſige Preſſung auf die Unterſtützung (Quader oder Mauerwerk), ſo muſs die Platten-Grundfläche

$$F = \frac{P}{\sigma'} \qquad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 161.$$

ſein, oder bei quadratiſcher Form die Plattenſeite b, wenn f der Querſchnitt der Stützenhöhlung iſt,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + f} \qquad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 162.$$

Zwiſchen Stütze und Platte werden, um ein Abbrechen der letzteren zu verhüten, Rippen eingeſetzt, und zwar gewöhnlich 4 oder 8; nur ganz kleine Platten, etwa als Baſis der Querſchnitte von Fig. 535, 537 u. 538 ausgebildet, entbehren derſelben. Die Rippen werden ſo bemeſſen, daſs ſie allein ſchon das Abbrechen verhindern.

Zur Berechnung beſtimme man den Schwerpunkt S der durch eine Eckrippe zu unterſtützenden Fläche (in Fig. 555 ſchraffirt); bei n Rippen wirkt dann bezüglich der Rippenwurzel die Kraft $\frac{P}{n}$ am Hebelsarm a, und die Rippen-Dimenſionen folgen bei 300 kg zuläſſiger Zugbeanſpruchung des Guſseiſens alsdann aus:

Fig. 555.

$$\delta_2 = \frac{P a}{50\, n\, h^2} \quad \text{und} \quad h = \sqrt{\frac{P a}{50\, n\, \delta_2}}, \quad \ldots \quad 163.$$

worin δ_2 oder h den Verhältniſſen entſprechend angenommen wird.

Die überall gleiche Plattendicke δ_1 folgt, wenn b_1 die gröſste Rippenentfernung und σ_1 die Preſſung unter der Platte iſt, aus

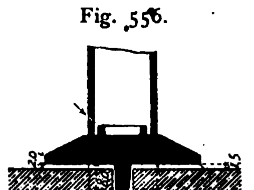
$$\delta_1 \geqq 0{,}054 \sqrt{\sigma_1}\, b_1 \, ; \qquad \ldots \ldots \quad 164.$$

jedoch iſt δ_1 mindeſtens 1,5 cm zu machen.

293.
Geſonderte Druckplatten.

Schwere Stützen nehmen durch angegoſſene Füſse zu ſchwierige Guſsformen an, und bei ſchmiedeeiſernen, bei denen die Ausbildung ſchmiedeeiſerner Druckplatten meiſt auf Schwierigkeiten ſtöſst, iſt das Angieſsen überhaupt unmöglich. Man kommt auf ſolche Weiſe zu geſondert ausgebildeten Druckplatten, welche für nicht allzu ſchwere Laſten maſſiv (mit 2 cm Randſtärke), im Grundriſſe meiſt genau oder annähernd quadratiſch ausgeführt werden, da dieſe Grundform gewöhnlich ſchon durch die der unterſtützenden Stein-Conſtruction bedingt iſt. Die Stärke dieſer Platten wächst vom Rande bis zur Auſsenkante der Stütze an; unter der Stütze iſt ſie conſtant und nur durch einen der Hohlform der Stütze entſprechenden Wulſt erhöht, welcher Verſchiebungen der Stütze verhindert. Um die Stütze nach Verlegung der Platte noch genau einſtellen zu können, iſt dieſer Wulſt zu eng zu machen; der frei bleibende Zwiſchenraum wird nachträglich durch Bohrlöcher in der Stützenwandung mit Blei ausgegoſſen (Fig. 556). Für nicht hohle Stützenquerſchnitte erhält die Platte meiſt

Fig. 556.



eine denfelben entfprechende Nuth, in welche die Stütze eingreift. Die Unterfläche der Stütze, wie die Standfläche auf der Platte wird abgehobelt, bezw. abgedreht; zweckmäfsig ift auch hier eine Zwifchenlage von Walzblei oder Kupfer.

Die Platte wird 1,5 cm hohl auf Eifenkeilen verlegt, dann mit Cement vergoffen und nach deffen Erhärten von den Keilen befreit. Die gebräuchliche Befeftigung der Platte durch Steinfchrauben nach unten ift überflüffig; will man fich gegen zufällige Seitenverfchiebungen fichern, fo gebe man der Platte eine 8 cm hohe Kreuzrippe nach unten, welche in eine entfprechende Nuth der Unterlage greift und hier vergoffen wird (Fig. 556).

Fig. 557.

Die nothwendige Grundfläche der vollen Platte (Fig. 557) ift

$$l\,b = F = \frac{P}{\sigma_1}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 165.$$

die Seite der quadratifchen Platte

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 166.$$

Die Plattenftärke ift theoretifch am Rande Null und ift übrigens für die allgemeine Form der rechteckigen Platte, bei welcher Ober- und Unterfläche nicht ähnlich find, im Abftande x_1, bezw. x_2 von den Kanten nach dem gröfseren Werthe aus folgenden beiden Formeln zu bemeffen:

$$\delta_1 = 0{,}1\, x_1 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3}\,\frac{3l - 2x_1 \frac{l-l_1}{b-b_1}}{l - 2x_1 \frac{l-l_1}{b-b_1}}} \quad \text{u.} \quad \delta_2 = 0{,}1\, x_2 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3}\,\frac{3b - 2x_2 \frac{b-b_1}{l-l_1}}{b - 2x_2 \frac{b-b_1}{l-l_1}}} \quad 167.$$

Für die gröfste Plattenftärke ift

$$x_1 = \frac{b - b_1}{2} \quad \text{und} \quad x_2 = \frac{l - l_1}{2}$$

einzufetzen; die Gleichungen lauten alsdann:

$$\left.\begin{aligned} \delta_{1\,max} &= 0{,}05\,(b - b_1)\sqrt{\frac{\sigma_1}{3}\left(1 + 2\,\frac{l}{l_1}\right)}, \\ \delta_{2\,max} &= 0{,}05\,(l - l_1)\sqrt{\frac{\sigma_1}{3}\left(1 + 2\,\frac{b}{b_1}\right)}. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 168.$$

In der Regel ift hierin für x_1, bezw. x_2 der Abftand von Plattenrand bis Stützenrand einzuführen; der gröfsere Werth giebt alsdann die gröfste Plattenftärke δ, welche geradlinig nach der Randftärke von 2 cm ausläuft. Grofse Platten kann man jedoch auch fo formen, dafs man von der Randftärke aus horizontale Ebenen in die Curven für δ_1, bezw. δ_2 einfchneiden läfft.

Schneiden die Gratlinien der Platten, wie meift der Fall, unter 45 Grad in die Ecken, fo ift $l - l_1 = b - b_1$, und die Gleichungen lauten alsdann:

$$\delta_1 = 0{,}1\, x_1 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3}\,\frac{3l - 2x_1}{l - 2x_1}} \quad \text{und} \quad \delta_2 = 0{,}1\, x_2 \sqrt{\frac{\sigma_1}{3}\,\frac{3b - 2x_2}{b - 2x_2}} \quad . \quad 169.$$

Ift fchliefslich die Platte quadratifch, alfo $l = b$ und $l_1 = b_1$, fo werden δ_1 und δ_2 gleich; es genügt dann eine der Formeln 169.

Beifpiel. Eine Platte, welche als Seitenlängen der Stützfläche $b_1 = 20$ cm und $l_1 = 30$ cm, dabei wegen der Form des Mauerwerkes die ganze Breite $b = 50$ cm haben mufs, hat 28000 kg zu tragen und ruht auf Mauerwerk, welches mit $\sigma_1 = 8$ kg für 1 qcm belaftet werden darf. Nach Gleichung 165. ift

$F = \frac{28000}{8} = 3500$ qcm, alfo $l \cdot 50 = 35000$ und $l = 70$ cm. Nach Gleichung 168. wird die gröfste Plattenftärke

$$\delta_{1max} = 0{,}05\,(50 - 20)\sqrt{\frac{8}{3}\left(1 + \frac{2 \cdot 70}{30}\right)} = 5{,}835 \text{ cm} = \backsim 5{,}9 \text{ cm}$$

und

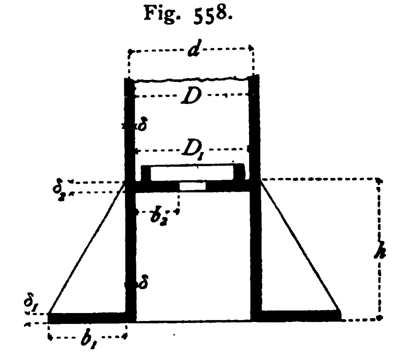
$$\delta_{2max} = 0{,}05\,(70 - 30)\sqrt{\frac{8}{3}\left(1 + \frac{2 \cdot 50}{20}\right)} = 8{,}0 \text{ cm}.$$

Letzteres ift auszuführen. Will man die Seitenflächen der Platten gekrümmt formen, fo ergiebt fich die Krümmung aus den gröfsten Werthen der Gleichung 167., indem man die correfpondirenden Werthe von x_1 und x_2 einführt.

294. Gegliederte Druckplatten.

Für fchwere Freiftützen liefern diefe Platten zu grofse Stärkenmafse; die Platten find alsdann behufs Materialerfparnifs zu gliedern. Solche Platten kommen vorwiegend unter central-fymmetrifchen Stützenquerfchnitten vor (Fig. 533, 534, 535, 542, 547, 548, 549, 550, 552 u. 553.); fie haben daher bei quadratifcher Grundform einen meift kreisförmigen oder quadratifchen Auffatz mit Verftärkungsrippen, find innen hohl, aber von oben zugänglich, um auch von der Mitte her vergoffen werden zu können.

Fig. 558.



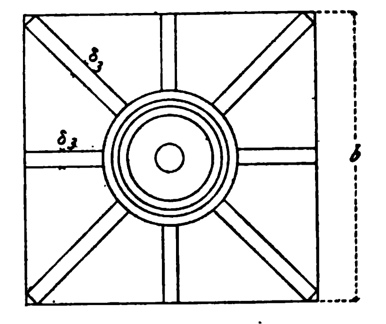


Fig. 558 zeigt eine derartige Platte für eine Freiftütze mit kreisringförmigem Querfchnitt; fie ift für andere central entwickelte Querfchnitte leicht umzuformen. Die Platte wird in der Quadratmitte von einem Momente M gebogen, deffen Kraft $\frac{P}{2}$ und deffen Hebelsarm dem Abftande des Schwerpunktes der halben Plattenfläche von dem des halben Kreisringes gleich ift; diefem Momente mufs fie in folcher Weife Widerftand leiften, dafs unten die für Gufseifen zuläffige Zugfpannung s' nicht überfchritten wird. Der Gang der Dimenfionirung ift folgender.

Zuerft berechne man b nach Gleichung 162., und wenn l_2 die gröfste Randentfernung zweier Rippen ift, δ_1 nach Gleichung 164.

$$\delta_1 = 0{,}084\, \sqrt{\sigma_1}\, l_2 .$$

Den cylindrifchen Auffatz fetze man ferner gerade unter die Stütze und mache feine Stärke δ gleich jener der Stütze; alsdann folgt b_1 aus b und den Dimenfionen der Stütze.

Die Fufshöhe h folgt mit Rückficht darauf, dafs die untere Platte unter den Rippen fchon Zug erleidet, der Kopf aber erheblich höher auf Druck in Anfpruch genommen werden darf, aus

$$h = \frac{A + \sqrt{A^2 - \frac{15}{4}\, b_1\, \delta_1^3\, B}}{B} \qquad 170.$$

worin

$$A = \frac{6{,}5}{2}\, b_1\, \delta_1^2 + \frac{M}{300} \quad \text{und} \quad B = 2\,\delta_1\, b_1 + \frac{3}{8}\,\delta\,\delta_1 \qquad 171.$$

ift und worin die weitere Bedingung

$$\delta_2 = \frac{\delta_1}{2} \qquad 172.$$

bereits enthalten ift. Die Breite des oberen Kopfes folgt aus

$$b_2 = \frac{2\,\delta_1\, b_1\left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2}\right) - \frac{3}{10}\,\delta\, h^2}{\delta_1\left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_1}{4}\right)} \qquad 173.$$

und fchliefslich ift die Rippendicke δ_3 nach δ_2 aus Gleichung 163. zu beftimmen.

Beifpiel. Eine Kreisring-Säule (Fig. 559), welche unten ftumpf auffteht, oben verdrehbar geführt ift (Fall 4) hat bei 3 cm Wandftärke und 850 cm Höhe 95000 kg centrifcher Laft zu tragen. Sollte fie ohne Rückficht auf Zerknicken berechnet werden, fo müffte nach Gleichung 145. $850 \leq 24{,}82\, d$ ftattfinden, d. h. der mittlere Durchmeffer d müffte $\geq \frac{850}{24{,}82} \geq 34$ cm fein. Berechnung auf 500 kg Druck giebt aber aus $d \pi \delta \,.\, 500 = P$ ohne Weiteres $d \pi \,.\, 3 \,.\, 500 = 95000$ und $d = 20$ cm; es ift fomit d auf Zerknicken nach Gleichung 146. für $C = 2 \pi^2$ zu berechnen, und es wird demnach

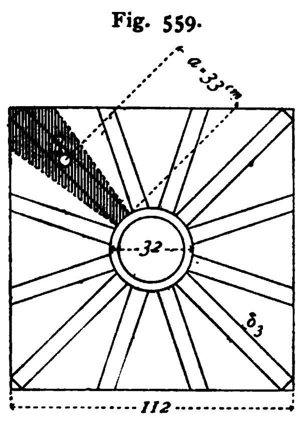


Fig. 559.

$$d = \sqrt[3]{\frac{95000 \,.\, 850^2}{49062 \,.\, 2 \,.\, \pi^2 \,.\, 3}} = 28{,}69 \text{ cm} = \backsim 29 \text{ cm}.$$

Daraus folgt $D = 29 + 3 = 32$ cm und $D_1 = 29 - 3 = 26$ cm. Weiter ift nach Gleichung 162., wenn die Platte auf gutes Mauerwerk geftellt wird, wofür $\sigma_1 = 8$ kg ift, $b = \sqrt{\frac{95000}{8} + \frac{26^2 \pi}{4}} = 112$ cm. Werden ferner 4 Eckrippen und noch 2 in jeder Seite angeordnet, fo ift die Randentfernung der Rippen $l_2 = \frac{112}{3}$, alfo nach Gleichung 164. $\delta_1 = 0{,}054 \sqrt{8}\, \frac{112}{3} = 5{,}7$ cm und nach Gleichung 172. $\delta_2 = \frac{\delta_1}{2} = \frac{5{,}7}{2} = 2{,}85 = \backsim 2{,}8$ cm. Aus b und D folgt $b_1 = \frac{b - D}{2} = \frac{112 - 32}{2} = 40$ cm. Der Angriffspunkt der halben Säulenlaft befindet fich im Schwerpunkte des halben Umfanges des Kreifes vom Durchmeffer d, alfo in der Entfernung $\frac{d}{\pi} = \frac{29}{\pi} = 9{,}2$ cm von der Axe; der Abftand des Schwerpunktes der halben Plattengrundfläche, in welchem der halbe Gegendruck angreift, folgt aus

$$\frac{112 \,.\, \frac{112}{2} \,.\, \frac{112}{4} - \frac{26^2 \pi}{2 \,.\, 4}\, \frac{2}{3}\, \frac{26}{\pi}}{112\, \frac{112}{2} - \frac{26^2 \pi}{2 \,.\, 4}} = 29 \text{ cm}.$$

Somit ift der Hebelsarm des Momentes M, welches den Schuh mitten durchzubrechen fucht, gleich $29 - 9{,}2 = 19{,}8 = \backsim 20$ cm, und das Moment $M = \frac{95000}{2}\, 20 = 950000$ cmkg. Nun folgt aus Gleichung 170. u. 171. $A = \frac{6{,}5}{2}\, 40 \,.\, 5{,}7^2 + \frac{950000}{300} = 7327$ und $B = 2 \,.\, 5{,}7 \,.\, 40 + \frac{3}{8} \,.\, 3 \,.\, 5{,}7 = 462$, alfo

$$h = \frac{7327 + \sqrt{7327^2 - \frac{15}{4}\, 40 \,.\, 5{,}7^3 \,.\, 462}}{462} = 29{,}7 = \backsim 30 \text{ cm},$$

und fchliefslich die Breite der Kopfplatte b_2 nach Gleichung 173.

$$b_2 = \frac{2 \,.\, 5{,}7 \,.\, 40 \left(\frac{30}{5} - \frac{5{,}7}{2}\right) - \frac{3}{10}\, 3 \,.\, 30^2}{5{,}7 \left(\frac{4 \,.\, 30}{5} - \frac{5{,}7}{4}\right)} = 4{,}9 \text{ cm}.$$

Zur Beftimmung der Rippendicke δ_3 (Fig. 559) ift zuerft der Schwerpunkt S der (fchraffirten) einer Eckrippe entfprechenden Grundfläche und deffen Abftand a vom Rippenanfatze ermittelt, welcher fich zu $a = 33$ cm ergab; da 12 Rippen angenommen find, fo folgt nach Gleichung 163. $\delta_3 = \frac{95000 \,.\, 33}{50 \,.\, 12 \,.\, 30^2} = 5{,}7$ cm.

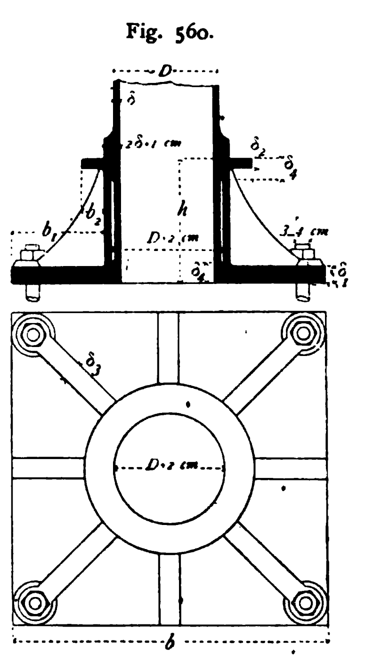
2) Ankerplatten.

295. Gufseiferne Platten.

Für fefte Einfpannung von Freiftützen werden Ankerplatten verwendet; diefelben bedürfen daher unter Umftänden der Verankerung nach unten (vergl. das in Art. 276, S. 182 über Fundament-Anker Gefagte). Gufseiferne Stützen werden meiftens eingefpannt, wenn man dadurch den Widerftand gegen Zerknicken (Fall 3 u. 4) erhöhen will. Wirken aus fchräger oder excentrifcher Belaftung entftehende Momente auf die Stütze, fo wird man meiftens zu fchmiedeeiferner Conftruction übergehen.

Im Allgemeinen iſt es zweckmäſsig, für guſseiſerne Freiſtützen die Platte ſo zu formen, daſs die Abweichung der Reſultirenden aller äuſseren Kräfte u (Gleichungen 157. u. 158. und $Pu = M$) in der Plattenunterkante das Maſs $u \doteq \xi$ (ſiehe Gleichung 51. auf S. 273 in Theil I, Bd. 1 dieſes »Handbuches«) nicht überſchreitet; dasſelbe ergiebt ſich, wenn für z_0 die halbe Plattenbreite $\frac{b}{2}$, für $\mathfrak{J}$ das Trägheitsmoment der Plattenfläche (abzüglich der Oeffnung) für eine Mittelaxe und für F die Plattenfläche eingeſetzt wird. Theoretiſch iſt alsdann die Anbringung von Ankern zwar nicht erforderlich; man fügt jedoch zur Verhinderung der Verdrückung des Mauerwerkes unter der ſchiefen Laſt gewöhnlich Anker oder Steinſchrauben von 3 bis 4 cm Durchmeſſer hinzu, welche man von vornherein feſt anzieht (Fig. 560). Sowohl bei centriſcher Laſt behufs Einſpannung gegen Zerknicken, wie auch, wenn die vorhandene Excentricität $u < \xi$ bleibt, kann man die Platte mit Bezug auf Fig. 560 nach den Formeln für die gegliederte Druckplatte (Art. 294, S. 199) berechnen. Bei centriſcher Laſt und Einſpannung gegen Zerknicken mache man die abgedrehte Ringfläche $\delta_4 = 3$ bis 4 cm hoch; iſt die Laſt um u excentriſch, ſo folgt δ_4 (für Centim. als Einheit) aus:

Fig. 560.

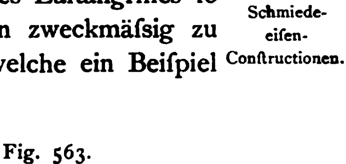


$$\delta_4 = \frac{1}{2}\left(h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu}{125\,(D+2)}}\right) \text{ bei rundem Querſchnitte (Fig. 533),}$$

$$\delta_4 = \frac{1}{2}\left(h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu}{200\,(D+2)}}\right) \text{ bei flachem Querſchnitte (Fig. 534, 537 u. 538)} \qquad 174.$$

296. Schmiedeeiſen-Conſtructionen.

Iſt die Einwirkung geneigter Kräfte oder die Excentricität des Laſtangriffes ſo bedeutend, daſs $u > \xi$ nicht wohl zu vermeiden iſt, ſo geht man zweckmäſsig zu Schmiedeeiſen-Conſtructionen mit verankerten Füſsen über, für welche ein Beiſpiel in Fig. 530 bis 532 (S. 183 u. 184) dargeſtellt wurde.



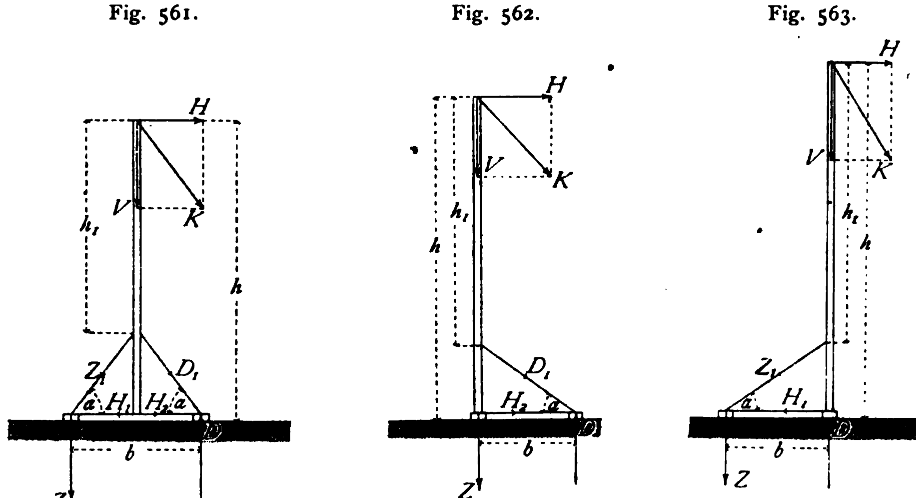


Fig. 561. Fig. 562. Fig. 563.

Die Freiſtütze iſt in den durch Fig. 561 bis 563 veranſchaulichten 3 Fällen auf den Druck V und das Biegungsmoment $H h_1$, eventuell in ſeitlicher Richtung auf Zerknicken unter V zu berechnen.

Weiters iſt, wenn Zug mit + bezeichnet wird:

Nach:	Z	D	Z_1	D_1	H_1	H_2
Fig. 561	$+\frac{Hh}{b}-\frac{V}{2}$	$-\left(\frac{Hh}{b}+\frac{V}{2}\right)$	$Z\frac{1}{\sin\alpha}$	$D\frac{1}{\sin\alpha}$	$Z\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	$D\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$
Fig. 562	$+\frac{Hh}{b}-V$	$-\frac{Hh}{b}$	—	$D\frac{1}{\sin\alpha}$	—	$D\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$
Fig. 563	$+\frac{Hh}{b}$	$-\left(\frac{Hh}{b}+V\right)$	$Z\frac{1}{\sin\alpha}$	—	$Z\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	—

Nach Ermittelung dieſer Kräfte ſind die einzelnen Theile der Lager nach den in Art. 272 bis 276 (S. 179 bis 184) und oben (unter d, 1) für Druckplatten gegebenen Regeln zu dimenſioniren.

Zum Schluſſe mag noch bemerkt werden, daſs die in Fig. 556 angedeuteten Anſätze behufs Eingreifens in die Unterſtützung zweckmäſsig auch allen anderen Platten gegeben werden.

297.
Schräge Stützen.

Schräge Stellung der Stützen erzielt man in den ſeltenen Fällen dieſer Anordnung durch Anwendung gegliederter Druck- oder Ankerplatten, indem man die Plattenaufſätze mit der Grundplatte den verlangten Winkel bilden läſſt.

In ſolchen Fällen werden die in die Unterſtützung eingreifenden unteren Kreuzrippen beſonders wichtig, weil ſie die Horizontal-Componente des ſchrägen Stützendruckes auf die unterſtützenden Theile zu übertragen haben.

7. Kapitel.

Träger.

298.
Vorbemerkungen.

Die im Hochbauweſen vorkommenden Träger werden aus Guſseiſen oder Schmiedeeiſen hergeſtellt. Vor Ausbildung des Walzverfahrens wurden guſseiſerne Träger ſehr häufig verwendet; gegenwärtig ſind dieſelben von den ſchmiedeeiſernen faſt ganz verdrängt.

Für die Ermittelung der Spannungen in den ſog. Balkenträgern (welche hier allein in Frage kommen) aus den Momenten und Transverſalkräften muſs auf Theil I, Bd. 1 dieſes »Handbuches« verwieſen werden. In Abth. II, Abſchn. 2, Kap. 2 wurde dort zunächſt (Art. 355 bis 357, S. 315 bis 317) Allgemeines über äuſsere Kräfte und Claſſification der Träger überhaupt und alsdann (Art. 358 bis 372, S. 317 bis 338) die Beſtimmung der Momente und Transverſalkräfte für die verſchiedenen Arten von Balkenträgern vorgeführt. Für ungegliederte Träger ſind die Ermittelung der Spannungen und die daraus ſich ergebenden Querſchnittsbeſtimmungen nach Art. 295 bis 331 (S. 257 bis 293) vorzunehmen; für gegliederte oder Gitterträger ſind die Unterſuchungen in Art. 373 bis 407 (S. 338 bis 374) maſsgebend.

a) Guſseiſerne Träger.

299. Form und Berechnung.

Träger aus Guſseiſen erhalten ſelten einen anderen Querſchnitt, als den I-förmigen; doch muſs das I-Profil wegen der ungleichmäſsigen Widerſtandsfähigkeit gegen Zug und Druck nach Maſsgabe des in Theil I, Bd. 1 dieſes »Handbuches« (Art. 302, S. 263) Geſagten unſymmetriſch ausgebildet werden.

Dieſe Träger dürfen nur unter ruhender Laſt verwendet werden, da ſie Erſchütterungen und Stöſse auch in geringem Maſse nicht vertragen.

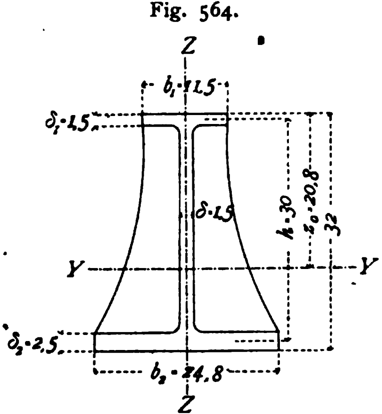
Im Gegenſatze zu den ſchmiedeeiſernen Trägern macht die den angreifenden Momenten entſprechende Variation des Querſchnittes durch Veränderung der Trägerhöhe oder der Stärke und Breite der Flanſche nicht die geringſte Schwierigkeit und ſollte daher ſtets ausgeführt werden.

Unter Beibehaltung der an oben citirter Stelle gemachten Annahmen und mit Bezug auf die in Fig. 564 eingeſchriebenen Bezeichnungen laſſen ſich zwiſchen Spannung, Querſchnitts-Dimenſionen und Angriffsmoment M, wenn letzteres in der verticalen Trägeraxe wirkt, die Näherungsgleichungen für die Gurtungs-Querſchnitte aufſtellen:

$$f_1 = \frac{M}{s' h} - \frac{\delta h}{4} \quad \text{und} \quad f_2 = 2 f_1 + \frac{\delta h}{2} \qquad 175.$$

worin s' die zuläſſige Druckſpannung, f_1 den Querſchnitt der oberen Gurtung und f_2 den Querſchnitt der unteren Gurtung bedeutet. Für δ iſt ein bequemes Guſsmaſs nicht unter 1,2 cm anzunehmen.

Fig. 564.



Es empfiehlt ſich, die Flanſche ſolcher guſseiſernen Träger etwa in Abſtänden gleich der dreifachen Trägerhöhe, namentlich aber in den Angriffspunkten von verticalen Einzellaſten und über den Auflagern durch verticale Rippen gegen den Steg abzuſteifen (Fig. 564).

Der rechteckige Kaſtenquerſchnitt iſt weniger gut, als der I-förmige, weil man in der Abmeſſung der Gurtungsquerſchnitte dabei weniger frei iſt und die Schwierigkeiten des Guſses weſentlich gröſsere ſind.

300. Beiſpiel.

Beiſpiel. Ein Träger von 4 m Länge hat auf 1 cm 30 kg zu tragen und ruht auf zwei Stützen. Für die Höhe ſtehen nur 32 cm zur Verfügung; δ ſoll 1,5 cm betragen. Für h iſt $32 - \frac{\delta_1}{2} - \frac{\delta_2}{2}$, alſo vorläufig annähernd 30 cm einzuführen. Es wird nach den Gleichungen 175., wenn $s' = 750$ kg zugelaſſen wird,

$$f_1 = \frac{30 \cdot 400^2}{8 \cdot 750 \cdot 30} - \frac{1{,}5 \cdot 30}{4} = 17{,}3 \text{ qcm} \quad \text{und} \quad f_2 = 2 \cdot 17{,}3 + \frac{1{,}5 \cdot 30}{2} = 57{,}1 \text{ qcm}.$$

Wird ſonach $\delta_1 = 1{,}5$ cm und $\delta_2 = 2{,}5$ cm gemacht, ſo muſs $b_1 = \frac{17{,}3}{1{,}5} = 11{,}5$ cm und $b_2 = \frac{57{,}1}{2{,}5} = 23$ cm werden, und die ganze Höhe beträgt $30 + \frac{1{,}5 + 2{,}5}{2} = 32$ cm.

Da die Formel nur annähernd richtige Reſultate liefert, muſs nach Gleichung 34. in Theil I, Bd. 1 (S. 261) geprüft werden, wie groſs die gröſsten Spannungen oben und unten werden.

Die Lage des Schwerpunktes unter der Oberkante des Trägers beſtimmt ſich durch

$$z_0 = \frac{11{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}75 + 28 \cdot 1{,}5 \cdot 15{,}5 + 23 \cdot 2{,}5 \cdot 30{,}75}{11{,}5 \cdot 1{,}5 + 28 \cdot 1{,}5 + 23 \cdot 2{,}5} = 20{,}8 \text{ cm}.$$

Das Trägheitsmoment für die Y-Axe beträgt[105])

105) Nach Art. 310 (S. 268) in Theil I, Bd. 1 dieſes »Handbuches«.

$$\mathcal{J}_y = \frac{1}{3}\Big[11{,}5 \cdot 20{,}8^3 + 23\,(32 - 20{,}8)^3 - (11{,}5 - 1{,}5)\,(20{,}8 - 1{,}5)^3 -$$
$$- (23 - 1{,}5)\,(32 - 20{,}8 - 2{,}5)^3\Big] = 16582\,;$$

folglich die Spannung in der Oberkante

$$s' = \frac{30 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{20{,}8}{16582} = 752{,}6^{\,\mathrm{kg}},$$

in der Unterkante

$$\frac{30 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{32 - 20{,}8}{16582} = 405^{\,\mathrm{kg}}.$$

Oben ift genau der vorgefchriebene Werth von 750^{kg} erreicht, unten der von $\frac{750}{2} = 375^{\mathrm{kg}}$ etwas überfchritten; es wird alfo die untere Gurtung um ein Geringes, und zwar ziemlich genau um $57{,}1\left(\frac{405}{375} - 1\right) = 4{,}5^{\mathrm{qcm}}$ zu verftärken, alfo auf $24{,}8^{\mathrm{cm}}$ Breite zu bringen fein.

b) Schmiedeeiserne Träger.

Die fchmiedeeifernen Träger können als gewalzte und als zufammengefetzte Träger unterfchieden werden. Bei erfteren werden die aus Eifenbahnfchienen hergeftellten von den aus Walz- oder Profileifen conftruirten zu fondern fein; die zufammengefetzten Träger hingegen können vollwandig (Blechträger) oder gegliedert (Gitterträger) fein.

1) Träger aus Eifenbahnfchienen.

301.
Anwendung.

Eifenbahnfchienen werden bei Hochbauten vielfach als Träger benutzt, hauptfächlich wohl aus dem Grunde, weil fie meift leicht und billig zu haben find; letzteres trifft hauptfächlich für gebrauchte alte Schienen zu. Insbefondere zur Ueberdeckung von Thor- und anderen Wandöffnungen, zur Unterftützung von Treppen, als Balcon-Träger etc. werden Eifenbahnfchienen häufig benutzt; bisweilen treten fie auch bei der Ueberwölbung von Keller- und anderen Räumen an die Stelle von I-förmigen Walzträgern (fiehe unter 2).

302.
Berechnung.

Die einfchlägigen ftatifchen Ermittelungen werden in gleicher Weife, wie bei anderen gewalzten Trägern vorgenommen.

Zieht man die gegenwärtig üblichen breitbafigen Schienen in Betracht, fo ift nach *Winkler*[106]) annähernd die Querfchnittsfläche des Schienenprofils

	für Eifenfchienen:	für Stahlfchienen:	
$F =$	$0{,}285\ h^2$;	$0{,}274\ h^2$	Quadr.-Centim.,

wenn h die Schienenhöhe (in Centim.) bezeichnet.

Das Eigengewicht für 1 lauf. Meter beträgt nahezu

$g =$	$0{,}22\ h^2$;	$0{,}21\ h^2$	Kilogr.

Das Trägheitsmoment des Schienenquerfchnittes für die wagrechte Schweraxe des aufrecht geftellten Profiles ift ungefähr

$\mathcal{J} =$	$0{,}0383\ h^4$;	$0{,}0364\ h^4$.

Da nur abgenutzte Schienen in Frage kommen, kann man die Profile nach obigen Formeln nicht voll ausnutzen; im Durchfchnitte wird man für breitbafige neuere Schienen

das Trägheitsmoment $\mathcal{J} = 0{,}035\ h^4$, ... 176.

das Widerftandsmoment $\frac{\mathcal{J}}{a} = 0{,}07\ h^3$, ... 177.

(worin h in Centim.) fetzen können.

106) In: Vorträge über Eifenbahnbau etc. I. Heft: Der Eifenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. S. 77 u. 240.

Demnach ift eine auf l Centim. Stützweite frei tragende Schiene im Stande:

auf 1 cm ihrer Länge die Laft . . . $q = 392 \frac{h^3}{l^2}$ Kilogr., . . . 178.

in der Mitte ihrer Länge die Einzellaft $P = 196 \frac{h^3}{l}$ » . . . 179.

zu tragen, wobei eine Beanfpruchung des Materials von 700 kg für 1 qcm entfteht.

Stärkere Träger durch Zufammennieten mehrerer alten Schienen zu bilden, ift nicht zu empfehlen, da das geringwerthige Material die Koften guter Nietung nicht mit Vortheil trägt; übrigens entftehen unvortheilhafte Materialvertheilungen und durch die Nietlöcher in den ziemlich dicken Füfsen beträchtliche Schwächungen.

303. Beifpiele.

Beifpiele. 1) Eine Schiene von 13 cm Höhe, welche zur Unterftützung von Kellerkappen dient, hat auf 1 lauf. Centim. ($q =$) 7 kg zu tragen; wie weit darf diefelbe frei liegen?

Nach Gleichung 178. ift $7 = 392 \frac{13^3}{l^2}$, woraus

$$l = \sqrt{\frac{392}{7} 13^3} = \backsim 350 \text{ cm}.$$

2) Ueber einer Oeffnung von 3 m Stützweite fteht mitten ein Pfeiler von 5000 kg Gewicht; wie viele 13 cm hohe Schienen find zu feiner Unterftützung nothwendig?

Nach Gleichung 179. trägt eine Schiene

$$P = 196 \frac{13^3}{300} = 1435 \text{ kg};$$

es müffen fonach $\frac{5000}{1435} = 4$ Schienen gelegt werden.

3 [107]) Ein Erker-Vorbau, welcher, bei 1,0 m Ausladung und 2,5 m Breite, in jedem Gefchoffe ein ausgekragtes Traggerippe aus Schienen erhält, hat an der Vorderfeite ein 1,6 m breites, 2,6 m hohes und in jeder Seitenwand ein 0,5 m breites, 2,6 m hohes Fenfter; die Gefchofshöhe beträgt 4,2 m, die Brüftungshöhe der Fenfter 0,75 m; die Stärke der Eckpfeiler zwifchen den Fenftern beträgt $1^1/_2$ Stein, die der Fenfterbrüftungen und Fenfterübermauerungen 1 Stein. Die Eifen-Conftruction befteht aus 2 vorgekragten Schienenlagen unter den Seitenwänden und einer auf deren freien Enden gelagerten Schienenlage unter der Vorderwand. Die Mitten der beiden vorgekragten Schienenlagen liegen 2,50 — 0,38 = 2,12 m aus einander und beftimmen die Stützweite der vorderen Schienenlage zu 2,12 m. Das Auflager der vorderen Schienenlage ift zu $1{,}00 - \frac{0{,}38}{2} = 0{,}81$ m von der Wand anzunehmen.

α) Die vordere Schienenlage hat an beiden Enden auf $\frac{2{,}12 - 1{,}60}{2} = 0{,}26$ m Länge zuerft den vollen Pfeiler von $4{,}2 \cdot 0{,}38 \cdot 0{,}01 \cdot 1700 = 27$ kg Gewicht für 1 lauf. Centim. zu tragen; dann folgt aus der Fenfterübermauerung eine 26 cm vom Lager entfernte Einzellaft von

$$\tfrac{1}{2}\, 0{,}25 \cdot 1{,}6\, (4{,}2 - 0{,}75 - 2{,}60)\, 1700 = 289 \text{ kg};$$

endlich ruft unter dem Fenfter die Brüftung auf 1,60 m Breite für 1 lauf. Centim. die Laft von $0{,}25 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}01 \cdot 1700 = 3{,}2$ kg hervor. Aufserdem hat der Vorderträger aus dem Erker-Fufsboden noch 2 kg für 1 lauf. Centim. auf $2{,}50 - 2 \cdot 0{,}38 = 1{,}74$ m Länge in der Mitte zu tragen.

Die vom Vorderträger auf die ausgekragten Schienen ausgeübten Auflagerdrücke find demnach $27 \cdot 26 + 289 + \frac{160}{2} 3{,}2 + \frac{174}{2} 2 = 1421$ kg; das Biegungsmoment in der Mitte ift

$$M = 1421 \frac{212}{2} - 27 \cdot 26 \left(\frac{212}{2} - \frac{26}{2}\right) - 289 \left(\frac{212}{2} - 26\right) - \frac{160}{2} 3{,}2 \frac{160}{4} - 2 \frac{174}{2} \cdot \frac{174}{4} = 44\,411 \text{ cmkg}.$$

Werden n Schienen neben einander gelegt, fo ift bei einer Beanfpruchung von $s = 700$ kg für 1 qcm nach Gleichung 177. bei 8 cm Schienenhöhe das s-fache Widerftandsmoment $700\, n \frac{\mathfrak{J}}{a} = n \cdot 700 \cdot 0{,}07 \cdot 8^3 = 25\,088\, n$. Somit folgt die erforderliche Anzahl Schienen aus $25\,088\, n = M = 44\,411$ mit $n = 2$.

β) Die ausgekragte Schienenlage von 81 cm theoretifcher Länge trägt am freien Ende den Auflagerdruck des Vorderträgers mit 1421 kg, ferner den Reft der Vorderwand mit

$$0{,}38 \cdot 4{,}20 \frac{2{,}5 - 1{,}6 - 2 \cdot 0{,}26}{2} 1700 = 515 \text{ kg};$$

107) Bezüglich der hier benutzten Formeln vergl. die in den Fufsnoten 108 bis 115 angezogenen Gleichungen.

hierauf folgt aus dem auf dem Träger stehenden, 38 cm starken Pfeiler eine Last von 27 kg bis zum Fenster, d. h. auf $\frac{1{,}44 - 0{,}38 - 0{,}54}{2} = 0{,}26$ m Länge; weiters folgt in der Fensterkante aus der Fensterübermauerung eine Einzellast von $\frac{0{,}54 \cdot 0{,}25}{2} (4{,}24 - 0{,}75 - 2{,}44)\ 1700 = 90$ kg; alsdann aus der Fensterbrüstung auf 50 cm Länge, wie oben, 3,2 kg Last auf 1 cm; hierauf in der Fensterkante die Einzellast der Fensterübermauerung mit 90 kg, und schliesslich wieder aus der $\frac{1{,}44 - 0{,}38 - 0{,}54}{2} = 0{,}26$ m breiten Vorlage im Anschlusse an die Wand eine Last von 27 kg für 1 cm.

Das Biegungsmoment in der Vorderkante der Wand ist somit

$$M = (1421 + 515)\ 81 + 27 \cdot 6 \left(81 - \frac{38}{2} - \frac{6}{2}\right) + 90\ (6 + 50) +$$

$$+ 3{,}2 \cdot 50 \left(\frac{50}{2} + 6\right) + 90 \cdot 6 + 27 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} = 177\,400 \text{ cmkg.}$$

Werden hier je n Schienen von 13 cm Höhe ausgekragt, so ist das s-fache Widerstandsmoment bei einer Beanspruchung von $s = 700$ kg für 1 qcm nach Gleichung 177: $n \cdot 0{,}07 \cdot 13^3 \cdot 700 = 107\,653\, n$. Demnach folgt aus $107\,653\, n = M = 177\,400$ die Zahl der Schienen $n = 2$.

Es hat somit der Eisenrahmen in den auskragenden Theilen aus je 13 cm hohen Schienen, über deren Enden zum Tragen der Vorderwand zwei 8 cm hohe Schienen gestreckt sind, zu bestehen; erstere können, falls niedrigere Profile vorhanden sind, etwas leichter gewählt werden.

2) Träger aus Walzeisen.

304.
Grundlagen der Berechnung.

Solche Träger werden hauptsächlich aus Belag-, [-, Z, und I-Eisen hergestellt; für die Querschnittsform dieser Profileisen sind die »Deutschen Normalprofile für Walzeisen« massgebend, welche in Theil I, Band 1 (Art. 181 bis 188, S. 194 bis 198) mitgetheilt sind; die betreffenden Tabellen enthalten neben den Querschnitts-Dimensionen auch die zur Berechnung nothwendigen Angaben über die Lage des Schwerpunktes und die Grösse der Trägheitsmomente.

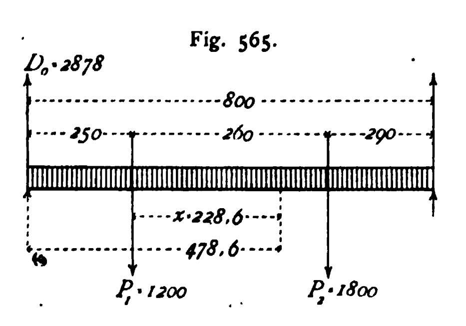
Einige Beispiele mögen die Anwendung jener Tabellen unter Benutzung der früher entwickelten Formeln erläutern.

305.
Beispiele.

Beispiele. 1) Ein I-Träger sei nach Fig. 565 durch die Einzellasten P_1 und P_2, so wie durch die gleichförmig vertheilte Last von 3,5 kg auf 1 cm der Länge belastet. Der Auflagerdruck beträgt [108])

$$D_0 = \frac{3{,}5 \cdot 800}{2} + \frac{1200\ (260 + 290) + 1800 \cdot 290}{800} = 2878 \text{ kg.}$$

Fig. 565.



Das grösste Angriffsmoment liegt dort, wo die Summe der Transversalkräfte gleich Null ist. Man findet diese Stelle am einfachsten durch allmähliche Subtraction der Verticalkräfte von links her.

Subtrahirt man zunächst von $D_0 = 2878$ das Product $250 \cdot 3{,}5 = 875$, so bleibt ein Rest von 2003; hiervon $P_1 = 1200$ abgezogen, giebt als Rest 803. Das Product $260 \cdot 3{,}5 = 910$ ist schon grösser, als der letzte Rest, so dass die gesuchte Stelle zwischen P_1 und P_2 liegen muss, und zwar von P_1 um eine Strecke x entfernt, welche aus der Relation $x \cdot 3{,}5 = 803$ mit $x = 228{,}6$ cm folgt. Für diese Stelle, welche also $250 + 228{,}6 = 278{,}6$ cm vom linken Auflager entfernt liegt, ist das Moment [109])

$$M_{max} = 2878 \cdot 478{,}6 - 478{,}6 \cdot 3{,}5 \cdot \frac{478{,}6}{2} - 1200 \cdot 228{,}6 = 702\,024 \text{ cmkg.}$$

Der Werth $\frac{\mathfrak{J}}{a}$ oder das sog. Widerstandsmoment des Trägers ergiebt sich [110]), bei einer zulässigen Beanspruchung von 1000 kg für 1 qcm, aus der Gleichung

[108]) Nach Gleichung 162. (S. 326) in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«.

[109]) Nach S. 320 ebendas.

[110]) Nach Gleichung 36. (S. 262) ebendas.

$$\frac{M}{s} = \frac{702024}{1000} = \frac{\mathcal{J}}{a} = 702,$$

und es mufs daher nach der Tabelle über die Normalprofile von I-Eifen [111]) mindeftens das Profil Nr. 32 mit dem Widerftandsmoment $\frac{\mathcal{J}}{a} = 788{,}9$ gewählt werden.

2) Auf der oberen Gurtung eines Dachftuhles mit der Neigung 1 : 2,5 ruhen Pfetten von Z-förmigem Profil in 1,5 m Theilung, welche über den 4,5 m betragenden Binderabftänden als continuirliche Gelenkträger ausgebildet find. Das Eigengewicht der Dachdeckung betrage 70 kg für 1 qm Grundfläche, die Schneebelaftung 75 kg für 1 qm Grundfläche und der Winddruck 50 kg für 1 qm Dachfläche winkelrecht zu derfelben.

Der horizontal gemeffene Pfettenabftand beträgt alsdann $\frac{1{,}5 \cdot 2{,}5}{\sqrt{1 + (2{,}5)^2}} = 1{,}392^{\,\mathrm{m}}$, die Windbelaftung normal zur Dachfläche für 1 lauf. Centim. der Pfette

$$w = 0{,}01 \cdot 1{,}5 \cdot 50 = 0{,}75^{\,\mathrm{kg}}.$$

Fig. 566.

Die Verticallaft auf das laufende Centimeter Pfette ift

$$q = 0{,}01 \cdot 1{,}392\,(70 + 75) = 2{,}02^{\,\mathrm{kg}}.$$

Die Momente M_1, M_2 und M an den Stellen *1*, *2* und *3* des Gelenkträgers (Fig. 566) werden gleich grofs, fobald

$$d = \frac{l}{2}\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right), \quad \text{alfo} \quad d = 0{,}147\, l = 0{,}147 \cdot 450 = 66{,}2^{\,\mathrm{cm}}$$

gemacht wird, und zwar ift alsdann

$$M_1 = M_2 = M_3 = 0{,}0626\, q l^2.$$

Es ift fomit das Moment der Verticallaften $0{,}0626 \cdot 2{,}02 \cdot 450^2 = 25606^{\,\mathrm{cmkg}}$ und jenes des Winddruckes $0{,}0626 \cdot 0{,}75 \cdot 450^2 = 9507^{\,\mathrm{cmkg}}$; aus beiden ergiebt fich mittels der in Fig. 567 vorgenommenen graphifchen Ermittelung ein Gefammtmoment

$$M = 34600^{\,\mathrm{cmkg}},$$

deffen Richtung in Fig. 567 gleichfalls angegeben ift.

Nunmehr foll unterfucht werden, ob das Z-Eifen-Profil Nr. 12 der Normal-Tabelle [112]) für diefes Moment genügt.

Für das Z-Eifen find die Trägheits-Hauptaxen nicht, wie bei den fymmetrifchen Profilen, ohne Weiteres zu erkennen [113]), fondern müffen erft gefucht werden. Für die mit $\mathcal{J}$ und $\mathcal{J}_1$ bezeichneten Axen find die Trägheitsmomente

$$\mathcal{J} = 6\,\frac{12^3 - 10{,}2^3}{12} + 0{,}7\,\frac{10{,}2^3}{12} = 395$$

und

$$\mathcal{J}_1 = 0{,}9\,\frac{12^3}{12} + 11{,}1\,\frac{0{,}7^3}{12} = 130.$$

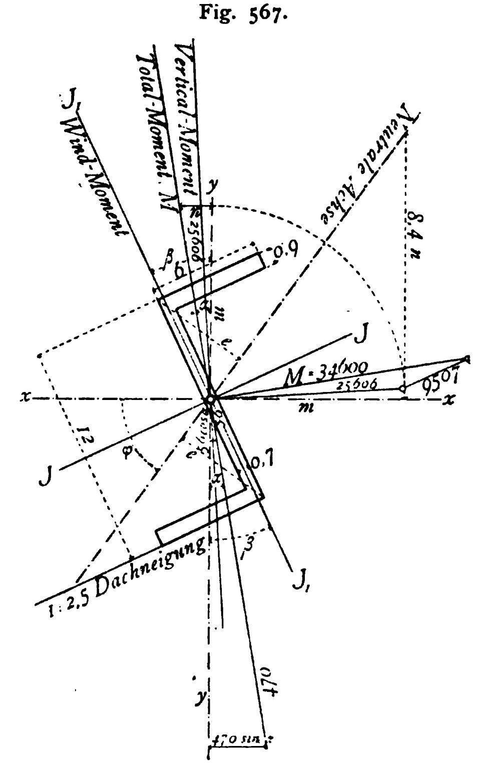
Der Winkel β, den die zweite Hauptaxe Y mit der Axe von $\mathcal{J}_1$ einfchliefst, folgt, wenn links drehend gemeffene Winkel pofitiv find, aus Gleichung 46. in Theil 1, Band 1 diefes »Handbuches« (S. 269):

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{H}{130 - 395}.$$

Das Centrifugal-Moment H für die Axen $\mathcal{J}$ und $\mathcal{J}_1$ ift alsdann

$$H = 6 \cdot 0{,}9 \cdot \left(6 - \frac{0{,}9}{2}\right)\left(3 - \frac{0{,}7}{2}\right) + $$
$$+ 6 \cdot 0{,}9\left[-\left(6 - \frac{0{,}9}{2}\right)\right]\left[-\left(3 - \frac{0{,}7}{2}\right)\right] = 158{,}8;$$

Fig. 567.



111) In Art. 188 (S. 198) ebendaf.
112) Siehe Art. 186 (S. 197) ebendaf.
113) Siehe Art. 314 (S. 270) ebendaf.

demnach ist

$$\text{tg}\, 2\beta = \frac{158{,}8 \cdot 2}{130 - 395} = -1{,}1985\,,$$

woraus $\beta = -25^\circ\, 4'\, 47''$ rechts drehend aufzutragen.

Weicht nun die Ebene des Angriffsmomentes M um den Winkel α von der zweiten Hauptaxe Y ab, so ergiebt sich der Winkel φ zwischen der ersten Hauptaxe X und der neutralen Axe nach Gleichung 64. (S. 280) des eben genannten Bandes aus $\frac{\text{tg}\,\varphi}{\text{tg}\,\alpha} = \frac{A}{B}$, worin A und B die Trägheitsmomente für die Hauptaxen sind. Diese werden aber nach Gleichung 45. (S. 269) des genannten Bandes

$$A = 395 \cos^2 (-25^\circ\, 4'\, 47'') + 130 \sin^2 (-25^\circ\, 4'\, 47'') - 158{,}8 \sin 2\,(-25^\circ\, 4'\, 47'') = 470,$$
$$B = 130 \cos^2 (-25^\circ\, 4'\, 47'') + 395 \sin^2 (-25^\circ\, 4'\, 47'') + 185{,}8 \sin 2\,(-25^\circ\, 4'\, 47'') = 56.$$

Es ist somit $\text{tg}\,\varphi = \frac{470}{56}\,\text{tg}\,\alpha = 8{,}4\,\text{tg}\,\alpha$. Man greife im Abstande m auf der Y-Axe die $\text{tg}\,\alpha$ messende Lothlänge n ab und trage diese auf der Normalen zur X-Axe im Abstande m vom Anfange 8,4-mal auf, so ergiebt die Verbindungslinie des Endpunktes dieser Auftragung mit dem Coordinaten-Anfange die neutrale Axe. Dabei ist zu beachten, dass nach den Gleichungen für α und φ die neutrale Axe und die Angriffsebene stets in verschiedenen Quadranten des Hauptaxen-Systemes liegen müssen.

Ist die neutrale Axe fest gelegt, so ergiebt sich die Spannung σ eines Punktes, welcher um y von ihr absteht, aus

$$\sigma = \frac{My\sqrt{A^2 \sin^2 \alpha + B^2 \cos^2 \alpha}}{A\,B}\,,$$

und zwar als Druck, wenn der untersuchte Punkt auf der Seite der neutralen Axe liegt, von der die Last wirkt. σ wird am grössten für den grössten Werth e von y, also, da $e = 2{,}7$ cm ist, in diesem Falle $\sigma = \frac{34\,600 \cdot 2{,}7\sqrt{470^2 \sin^2 \alpha + 56^2 \cos^2 \alpha}}{470 \cdot 56}$; durch Construction in Fig. 565 ist $470 \sin \alpha = 72$, $56 \cos \alpha = 55$ gefunden, also nach obiger Gleichung

$$\sigma = \frac{34\,600 \cdot 2{,}7\sqrt{72^2 + 55^2}}{470 \cdot 56} = 322\,\text{kg}.$$

Ist die zulässige Beanspruchung gleich 1000 kg für 1 qcm, so reicht diese Pfette also noch aus, wenn die Theilung in der Dachneigung von 1,5 m auf $3 \cdot 1{,}5 = 4{,}5$ m erhöht wird.

306. Anwendung der verschiedenen Walzeisen-Profile.

Was die Verwendung der verschiedenen Profile anlangt, so wählt man für gewöhnliche Träger (Balken, Unterzüge, Kappenträger etc.) I-Profile oder, wenn man eine glatte Seite und wenig seitliche Steifigkeit verlangt, C-Profile. L-Eisen kommen in zusammengesetzten Trägern ausschliesslich mit anderen Eisensorten vereinigt vor; nur die ganz schwachen Sorten werden wohl für sich allein zu Dachlatten für Ziegeldächer verwendet. Z-Eisen werden mit Vorliebe als Pfetten, namentlich für Wellblechdeckungen benutzt, und kleine T-Eisen bilden die Träger für die Glastafeln kleinerer Deckenlichter, während die Tafeln grosser Glasflächen auf das kleinste Belageisen gelagert werden. Die Belageisen verwendet man auch vielfach zur Herstellung eiserner Decken mit Cement- oder Asphalt-Estrich, indem man sie quer über die dann in weiter Theilung angeordneten Balken dicht an einander rückt.

Diese Profile durch gegenseitige Vernietung oder Aufnieten von Kopf- und Fussplatten zu verstärken, ist nicht empfehlenswerth, weil (vergl. Fig. 450, S. 164) durch die Nietlöcher fast eben so viel verloren geht, als man durch die Verstärkung gewinnt.

Die in den Tabellen enthaltenen Normal-Profile müssen selbst unter Aufwendung überflüssigen Materiales in Folge der Wahl zu starker Profile stets beibehalten werden, da das Walzen neuer Profile für bestimmte Zwecke unverhältnissmässig theuer ist.

Die Verwendung der Walzträger ist durchzuführen, so lange die Profile für die geforderte Leistung irgend ausreichen, da ihr Preis nur etwa die Hälfte dessen von zusammengenieteten Trägern beträgt. Ein Theil dieses Gewinnstes geht allerdings

dadurch wieder verloren, dafs es bei Walzträgern unmöglich ift, fich der Abnahme der Biegungsmomente durch Verfchwächung des Querfchnittes anzufchliefsen.

Die fchwerften Profile foll man für etwas ermäfsigte Beanfpruchungen berechnen, da ihre Herftellung an Sicherheit derjenigen der fchwachen Profile nachfteht.

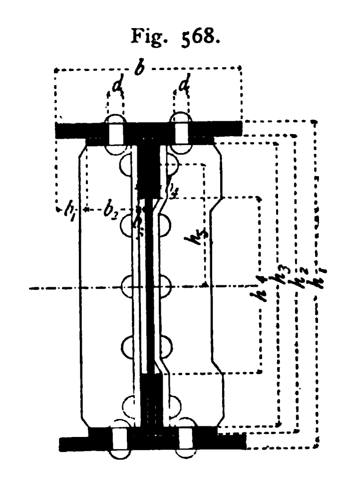
3) Blechträger.

307. Querfchnitt und Conftruction.

Blechträger werden zufammengefetzt aus Winkeleifen und vollen Blechplatten, und zwar faft ausfchliesslich in I-Form (Fig. 568) oder in Kaftenform (Fig. 569); letztere erreicht bei thunlichfter Höheneinfchränkung eine breite Oberfläche, z. B. zum Tragen ftarker Mauern, macht aber eine Revifion der Innenflächen unmöglich.

Die Kopf- und Fufsplatten läfft man nicht mehr, als um ihre achtfache Dicke über die Winkeleifen frei vorragen; find mehrere da, fo werden alle gleich breit gemacht. Die verticalen Blechwände müffen über allen Auflagern und an den Angriffsftellen von Einzellaften durch 1, 2 oder 4 angenietete Winkeleifen verfteift werden, welche entweder gekröpft (Fig. 568 u. 569 rechts) oder beim Einlegen von Füllftreifen (Fig. 568 u. 569 links) gerade gelaffen werden.

Fig. 568.

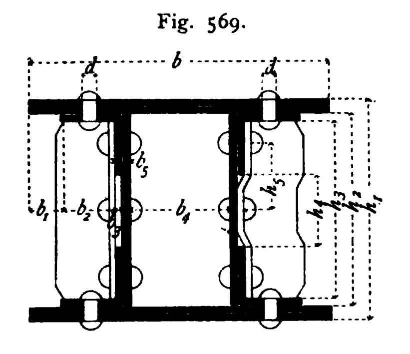


Die verwendeten Blechdicken fteigen von 6 bis 20 mm; die Gröfse der einzelnen Tafeln richtet fich danach, dafs keine mehr als 350 kg, höchftens 400 kg wiegen foll. Die Breite der Bleche kann bis zu 1,2 m fteigen.

Von den in Theil I, Band 1 (Art. 182, S. 194 u. 195) mitgetheilten Normalprofilen für Winkeleifen werden vorwiegend die gleichfchenkeligen mit Schenkelbreiten von 4 bis 12 cm verwendet; ungleichfchenkelige benutzt man mit abftehendem langen Schenkel dann, wenn man vom Träger grofse Seitenfteifigkeit verlangt.

Die Niete, deren Dicke fich nach der Stärke der verwendeten Eifen (fiehe Art. 206, S. 142) richtet, find in den Winkeleifen nach Fig. 422 bis 426, S. 149 u. 150) anzuordnen. In den Gurtungsplatten hat man die Niete der verfchiedenen (meift 2) Reihen gegen einander verfetzt. Dies ift indefs verkehrt, weil die excentrifche Lochung die Platten mehr fchwächt, als die doppelte; dagegen werden die Niete in den beiden Schenkeln der Winkeleifen ftets verfetzt (Fig. 572). Die Kopf- und Fufsplatten laufen nicht bis zu den Trägerenden, fondern hören da auf, wo der Querfchnitt ohne fie für das gröfste Moment diefer Stelle ftark genug ift.

Fig. 569.



308. Ermittelung der Querfchnitte.

Wirken die Laften in der verticalen Mittelaxe, fo erfolgt die Spannungsermittelung nach Theil I, Band 1 diefes »Handbuches« (Art. 298, S. 262), bei fchiefer Beanfpruchung nach Art. 324 (S. 282) und dem obigen Beifpiele 2 (S. 207) für Walzträger. In allen Fällen wird das Trägheitsmoment für die horizontale Schweraxe gebraucht. Daffelbe beträgt nach Fig. 568 für I-förmige Träger

$$J = (b - 2\,d)\,\frac{h_1^3}{12} - 2\,b_1\,\frac{h_2^3}{12} - 2\,(b_2 - d)\,\frac{h_3^3}{12} - 2\,b_3\,\frac{h_4^3}{12}\;;$$

fehlen die Kopf- und Fuſsplatten, ſo ſind die Niete in den verticalen Winkelſchenkeln nach dem Anſatze $- 2 b_1 d h_2^2$ in Abzug zu bringen.

Fur Kaſtenträger nach Fig. 569 betragt das Trägheitsmoment:

$$\mathfrak{J} = (b - 2d)\frac{h_1^3}{12} - 2(b_2 - b_1)\frac{h_2^3}{12} - 2(b_3 - d)\frac{h_3^3}{12} - 2 b_4 \frac{h_4^3}{12};$$

fehlen hier die Platten, ſo iſt der Nietabzug für die Niete in den Blechwänden $2 \cdot 2 d b_1 h_2^2$.

In die Formeln fur die Spannungen ſind die Trägheitsmomente einzufuhren, zu deren Berechnung man den Querſchnitt zunächſt annehmen muſs. Die Profile müſſen alſo durch Probiren feſt geſtellt werden. Um ſchnell zum Ziele zu gelangen, beſtimme man, wenn eine beſtimmte Trägerhöhe vorgeſchrieben iſt, das Profil zunächſt nach der Formel

$$f = \left[\frac{M h}{s' (h - 6)^2} - \frac{\delta (h - 6)}{6}\right] \text{ Quadr.-Centim.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 180.$$

Darin iſt f die Gröſse des Gurtungsquerſchnittes (in Quadr.-Centim.), M das Angriffsmoment (in Centim.-Kilogr.), h die Trägerhöhe (in Centim.), δ die Stärke der Blechwände (in Centim.; für den I-Träger = 1 cm, für den Kaſtenträger = 2 cm), s' die zuläſſige Beanſpruchung (in Kilogr. für 1 qcm). Das gefundene Profil wird dann nach der Formel $s' = \frac{M e}{\mathfrak{J}}$ geprüft, worin e die halbe Trägerhöhe iſt.

Häufig iſt nicht die Höhe des Trägers, ſondern die Auswahl der Eiſenſorten für die Gurtungen, damit alſo das Gurtungsprofil vorgeſchrieben. Man berechne dann den Abſtand x_0 des Schwerpunktes der bekannten Gurtungsfläche f von der Auſsenkante, indem man das Stück von der Blechwand bis zur Winkeleiſen-Innenkante mit zum Gurtungsquerſchnitte rechnet. Die der Gurtung entſprechende Trägerhöhe ergiebt ſich dann aus der Formel

$$h = 2 x_0 + \frac{M + \sqrt{M (M + 8 f s' x_0)}}{2 f s'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 181.$$

309. Beiſpiele.

Beiſpiele. 1) Ein Träger von 10 m Länge trägt auſser 5 kg gleichförmig vertheilter Laſt auf 1 cm Länge in der Mitte noch eine Einzellaſt von 30000 kg. Das Maximal-Moment in der Mitte iſt $\frac{5 \cdot 1000^2}{8} + \frac{30000 \cdot 1000}{4} = 8125000$ cmkg; der Träger ſoll einen I-förmigen Querſchnitt, eine 1 cm ſtarke Blechwand und 80 cm Höhe haben, ſchlieſslich mit $s' = 900$ kg für 1 qcm beanſprucht werden. Nach Gleichung 180. iſt $f = \frac{8125000 \cdot 80}{900 (80 - 6)^2} - \frac{1 (80 - 6)}{6} = 120$ qcm. Die Fläche wird hergeſtellt zunächſt aus 2 Winkeleiſen von $10 \times 10 \times 1{,}2$ cm, in deren jedem 1 Nietloch von 2,5 cm Durchmeſſer abzuziehen iſt; ſie enthalten $2 (10 + 8{,}8 - 2{,}5)\, 1{,}2 = 39$ qcm; auſserdem werden 3 Platten von 1 cm Dicke verwendet, welche nach Zuſchlag zweier Nietlöcher $\frac{120 - 39}{3} + 5 = 32$ cm breit ſein müſſen.

Das genaue Trägheitsmoment des ſo entſtandenen Querſchnittes iſt nach obiger Formel:

$$\mathfrak{J} = (32 - 2 \cdot 2{,}5)\frac{80^3}{12} - 2 \cdot 5{,}5 \frac{74^3}{12} - 2 (8{,}8 - 2{,}5)\frac{71{,}6^3}{12} - 2 \cdot 1{,}2 \frac{54^3}{12} = 362640.$$

Die genaue Maximal-Spannung iſt ſomit

$$s' = \frac{M e}{\mathfrak{J}} = \frac{8125000 \cdot 80}{362640 \cdot 2} = 896 \text{ kg}.$$

Das Ergebniſs der Annäherungsgleichung iſt alſo befriedigend.

2) Für einen gleich belaſteten und gleich langen Träger wie in 1, aber mit Kaſtenquerſchnitt (Fig. 569) ſollen zu den Gurtungen je 2 Platten von 40 cm Breite und 1 cm Dicke und 2 Winkeleiſen von $11 \times 11 \times 1{,}0$ cm verwendet werden. Die Niete haben 2 cm Durchmeſſer. Der Schwerpunkt der entſtandenen Gurtung liegt über der Unterkante (nach Fig. 570) um

$$x_0 = \frac{(40 - 2 . 2) . 2 . 1 + 2 (11 + 1 - 2) . 2{,}5 + 2 . 2 . 10 . 8}{(40 - 2 . 2) 2 + 2 (11 + 1 - 2) + 2 . 2 . 10},$$

$$x_0 = 3{,}35 \text{ cm};$$

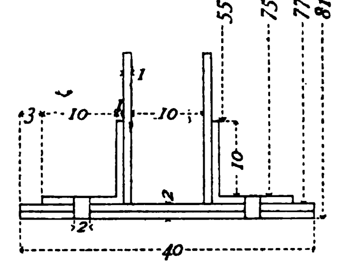
der Gurtungsquerfchnitt ift der Nenner von x_0, demnach $f = 132$ qcm.

Nach der Näherungsformel ift fomit

$$h = 2 . 3{,}35 + \frac{8125000 + \sqrt{8125000 \, (8125000 + 8 . 132 . 900 . 3{,}35)}}{2 . 132 . 900},$$

$$h = 81 \text{ cm}.$$

Fig. 570.



Das Trägheitsmoment diefes Querfchnittes ift nach der obigen Formel

$$\mathcal{J} = (40 - 2 . 2) \frac{81^3}{12} - (2 . 3 + 10) \frac{77^3}{12} - 2 (10 - 2) \frac{75^3}{12} - 2 . 1 \frac{55^3}{12} = 395382;$$

folglich die genaue gröfste Beanfpruchung

$$s' = \frac{8125000 . 81}{395382 . 2} = 832 \text{ kg}.$$

Da 900 kg zugelaffen werden follen, fo kann man den Träger um etwas erniedrigen, etwa auf 78 cm, welches Mafs durch Neuaufftellung des Trägheitsmomentes nochmals zu prüfen ift.

Ein wefentlicher Vortheil der zufammengefetzten Träger liegt in der Möglichkeit, den Querfchnitt durch Weglaffen einzelner Gurtungstheile der Abnahme des Biegungsmomentes entfprechend variiren zu können.

310. Variation des Querfchnittes.

Beifpiel. Der Träger des vorftehenden Beifpieles 1 behält nach Wegnahme der äufserften Platte in beiden Gurtungen noch ein Trägheitsmoment $\mathcal{J} = 362640 - (32 - 2 . 2{,}5) \frac{80^3 - 78^3}{12} = 278400$.
Der Auflagerdruck des Trägers ift $A = \frac{30000}{2} + \frac{5 . 1000}{2} = 17500$ kg, das Moment in der Abfciffe x alfo $17500 \, x - \frac{5 \, x . x}{2}$, und diefes ift gleich dem noch vorhandenen Widerftandsmomente $\frac{900 . 278400}{\frac{78}{2}}$ zu fetzen. Aus $17500 \, x - \frac{5 \, x^2}{2} = \frac{2 . 900 . 278400}{78}$ folgt $x = 370$ cm. Es kann fonach die äufserfte Blechplatte 370 cm vor dem Auflager aufhören. Thatfächlich mufs fie jedoch über diefen Punkt hinaus nach dem Auflager noch fo weit verlängert werden, dafs mindeftens ein Niet in der regelmäfsigen Theilung die Platte noch aufserhalb des theoretifchen Endpunktes mit den übrigen Gurtungstheilen verbindet. Ganz eben fo find die Stellen zu berechnen, wo die zweite, bezw. dritte Platte aufhören kann.

Fig. 571.

Um die Stelle zu berechnen, wo die innerfte Gurtungsplatte aufhören darf, ift zunächft das Trägheitsmoment für den blofs aus Wand und Winkeleifen beftehenden Querfchnitt wegen des nun veränderten Nietabzuges neu aufzuftellen. Daffelbe beträgt (Fig. 571)

$$\mathcal{J} = 21 . \frac{74^3}{12} - 2 . 8{,}8 \frac{71{,}6^3}{12} - 2 . 1{,}2 \frac{54^3}{12} - 2 . 2{,}5 . 3{,}4 . 32^2 = 121892.$$

Die Gleichung für die Abfciffe des theoretifchen Endes der letzten Platte ift alfo

$$17500 \, x - \frac{5 \, x^2}{2} = \frac{900 . 121892 . 2}{74}$$

und giebt $x = 175$ cm. Ueber den Punkt, welcher 175 cm von Auflagermitte entfernt ift, mufs alfo die letzte Platte noch fo weit nach dem Lager zu hinausgeführt werden, dafs fie aufserhalb diefer Stelle noch von einem Niete in der regelmäfsigen Theilung gefafft wird.

Die Niettheilung der Winkeleifen ergiebt fich nach Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«, Art. 329 (S. 289) aus den verticalen Scherkräften, mufs jedoch nur bei fehr niedrigen Trägern berechnet werden.

311. Anordnung der Niete.

Bei normalen Trägern wird man innerhalb der zuläffigen Grenzen bleiben, wenn man die Theilung gleich $3 \, d$ bis $4 \, d$ macht. Die Theilung wird theoretifch in den

verticalen Winkelfchenkeln und in der Wand enger, als in den horizontalen und in den Platten. Wenn man alfo die für die verticalen Schenkel berechnete Theilung durch Verfetzen der Niete auf die horizontalen überträgt, fo hat man jedenfalls ftark genug conftruirt.

Soll für fehr hohe Träger die Wand aus zwei Blechtafeln über einander zufammengefetzt werden, fo ergiebt fich die Lafchung der horizontalen Fuge gleichfalls nach dem eben genannten Artikel und den im Vorhergehenden Art. 189 u. 216, S. 133 u. 148, gegebenen Regeln; diefe Anordnung ift indefs höchft felten.

Die Verlafchung von Gurtungstheilen ift zu berechnen, indem man ihren Querfchnitt abzüglich der Nietlöcher als mit der in der oberften Fafer zugelaffenen Spannung voll beanfprucht betrachtet und die Nietung auf die fo ermittelte Kraftgröfse einrichtet. Bezüglich der Form diefer Lafchungen find Fig. 422 bis 425 u. 451 mafsgebend.

Häufig kommen Stöfse der Blechwand in verticaler Fuge vor, deren exacte Berechnung für die oberen und unteren Theile enge, für die Mitte weite Theilung der Niete ergeben würde. In der Praxis macht man die Theilung conftant und berechnet fie, indem man die durch die Nieten gefchwächte Wand von der Höhe h mit der an der Ober- und Unterkante wirkenden Spannung s' gleichmäfsig belaftet annimmt. In Gleichung 85. (S. 142), ift dann für $d > \delta$ bei einreihiger Nietung der Lafchen $P = \delta (h - n d) s'$ zu fetzen.

Gleichung 85. lautet alsdann:

$$n = \frac{\delta (h - n d) s'}{d \delta s''} \quad \text{oder} \quad n = \frac{h}{d\left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 182.$$

dabei ift die Niettheilung nach Gleichung 91. (S. 143) $e = d\left(1 + \frac{s''}{s'}\right)$ zu machen.

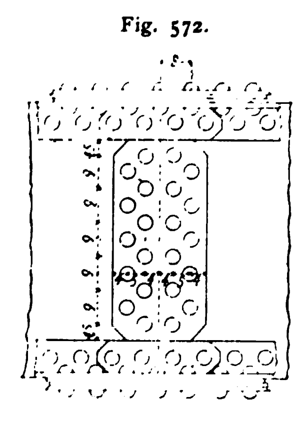
Meift werden diefe Lafchungen jedoch zweireihig genietet. Es ift dann $P = \delta\left(h - \frac{n}{2} d\right) s'$, fonach nach Gleichung 85. (S. 142)

$$n = \frac{\delta\left(h - \frac{n}{2} d\right) s'}{d \delta s''}, \quad \text{alfo} \quad n = \frac{2 h}{d\left(1 + 2 \frac{s''}{s'}\right)}, \quad . \quad . \quad . \quad 183.$$

und die Niettheilung für $n' = 2$ nach Gleichung 97. (S. 144) $e = d\left(1 + \frac{2 s''}{s'}\right)$.

312.
Beifpiel.

Fig. 572.



Beifpiel. Wäre die Wand des I-Trägers in obigen Beifpielen (Fig. 571) zu ftofsen mittels zweier doppelreihigen Lafchen, fo wäre $\delta = 1$, $h = 74$, $\frac{s''}{s'} = 1{,}5$, $d = 2{,}5$, folglich nach Gleichung 183.

$$n = \frac{2 \cdot 74}{2{,}5 (1 + 2 \cdot 1{,}5)} = 14{,}8 = \backsim 15,$$

d. h. die Reihe zunächft am Stofse erhält 8, die zweite 7 Niete; dabei wird $e = 2{,}5 (1 + 2 \cdot 1{,}5) = 10^{cm}$. Wenn man den Stofs in die Nähe der Stelle des Maximal-Momentes legt, fo kann man die Niete in den Winkeleifen als Lafchungsniete der Wand mit benutzen, da fie an diefer Stelle unbelaftet find. Zwifchen den Winkeleifenkanten find alfo noch 6 Niete in der erften, 5 in der zweiten unterzubringen. Die Höhe zwifchen den Winkeln ift jedoch nur 54^{cm}; alfo werden die 6 Niete in 9^{cm} Theilung gefetzt werden müffen, was unbedenklich ift, da die Lafchung auf den

größeren Theil der Höhe nicht voll beanſprucht iſt. Die Laſche ſtellt man in der Höhe aus 3 Theilen auf und zwiſchen den Winkeln her. Die Niettheilung in den Winkeln wird in dieſem Falle $3\,d = 7{,}5$ cm bis $4\,d = 10$ cm betragen; es mag 8 cm angenommen ſein. Man lege dann den Stoſs mitten in eine Theilung. Der Randabſtand a' muſs nach Gleichung 103. (S. 145) betragen

$$a' = d\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,\frac{s''}{t'}\right) = 2{,}5\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\,1{,}9\right) = 3{,}63 \text{ cm},$$

iſt thatſächlich = 4 cm, genügt alſo. Der Abſtand der Nietreihen im Mittelſtücke der Laſche wird nach Gleichung 106. (S. 145)

$$e' = d\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{s''}{t'}\right) = 2{,}5\left(1 + \frac{1}{2}\,1{,}9\right) = 4{,}875 = \infty\ 5 \text{ cm}.$$

Es ergiebt ſich alſo die Laſchung nach Fig. 572.

4) Gitterträger.

313.
Anwendung und Geſtaltung.

Gitterträger kommen an Stelle der Blechträger in Anwendung, wenn das Trägerprofil ſehr hoch wird oder wenn das ſchwere Ausſehen der vollen Wand vermieden werden ſoll. Man verwendet ſie aber auch ſehr häufig dann, wenn es ſich um die Aufnahme eines regelmäſsigen Syſtemes von Einzellaſten (Balken einer Balkenlage etc.) handelt.

Die gedrückte Gurtung muſs ſo ſteif ſein, daſs ſie zwiſchen zwei Knotenpunkten nach keiner Richtung ausknickt; die Knotenpunkte ſelbſt werden meiſt durch die zu tragende Conſtruction verſteift. Die Entfernung der Knotenpunkte iſt demnach höchſtens gleich der Länge l eines auf Zerknicken in Anſpruch genommenen Stabes zu wählen, welche aus Gleichung 109. $\left(P = \frac{E\,\mathfrak{J}\,\pi^2}{l^2}\right)$ in Theil I, Band 1 dieſes »Handbuches« (S. 299) bei n-facher Sicherheit ($n = 5$) folgt, wenn darin E den Elaſticitäts-Modul bezeichnet und wenn P dem n-fachen der Druckkraft in der Gurtung und $\mathfrak{J}$ dem kleinſten Trägheitsmomente des Gurtungsquerſchnittes gleich geſetzt wird. Dabei ſind die ganze Gurtungskraft und das Trägheitsmoment des ganzen Querſchnittes einzuführen, wenn die Theile der Gurtung durch Nietung zu einem Ganzen verbunden ſind. Sind ſie von einander getrennt (z. B. 2 Winkeleiſen mit Schlitz), ſo iſt für jeden einzelnen das n-fache des auf ihn kommenden Theiles der Gurtungsſpannung und ſein kleinſtes Trägheitsmoment einzuführen.

Die Gitterſtäbe ſollen mindeſtens 30 Grad gegen die Horizontale geneigt ſein. Iſt alſo die Laſttheilung mit Rückſicht auf Zerknicken als Knotentheilung zuläſſig, und bleiben die Stäbe dabei ſteiler als 30 Grad, ſo wird nur ein Syſtem von Gitterſtäben eingefügt (Fig. 573, ausgezogen); kommen dabei aber die Stäbe flacher zu liegen, als 30 Grad, ſo hat man noch Knotenpunkte zwiſchen die Laſtpunkte einzulegen. Liegen dagegen die Laſtpunkte bei groſser Trägerhöhe eng, ſo reicht häufig ein Stab noch über den nächſten Laſtpunkt hinaus, und man kommt dann zum mehrfachen Gitterwerke (Fig. 574).

Fig. 573.

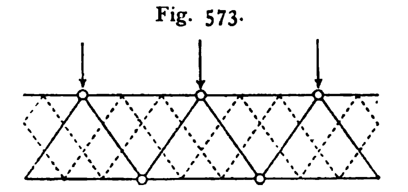
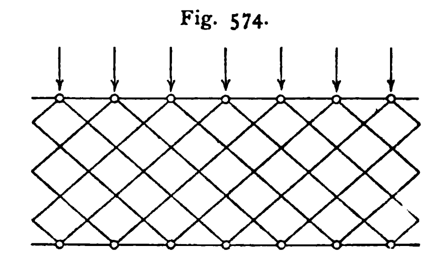


Fig. 574.

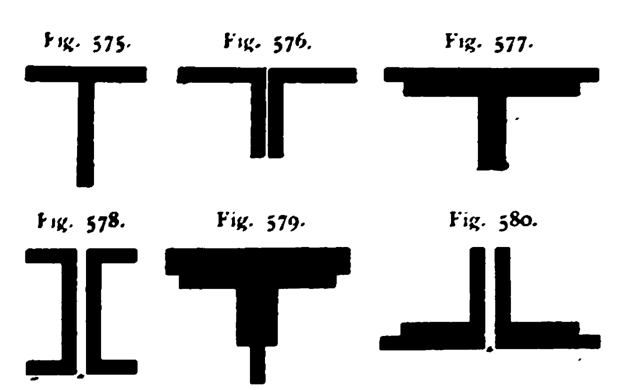


Das Gitterwerk iſt m-fach, wenn ein Wandglied $\frac{m}{2}$ Knotentheilungen unterſpannt. Sind die Gitterſtäbe ſchwach ausgebildet (Bandeiſen), ſo

legt man behufs gegenseitiger Versteifung derselben auch dann mehrfaches Gitterwerk ein, wenn es nicht durch das Verhältniss der Lastknotenentfernung zur Trägerhöhe bedingt ist (Fig. 573 punktirt).

314. Gurtungen.

Für die analytische, bezw. graphische Ermittelung der Spannungen in den Gurtungen und Gitterstäben der Parallelträger ist in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches« (Abth. II, Abschn. 2, Kap. 2, b: Innere Kräfte der Gitterträger, S. 338 bis 359) das Erforderliche zu finden.


Fig. 575. Fig. 576. Fig. 577. Fig. 578. Fig. 579. Fig. 580.

Der Querschnitt f der Gurtung ergiebt sich aus dem Angriffsmomente an der untersuchten Stelle, wenn h die Höhe zwischen den Gurtungs-Schwerpunkten und s' die zulässige Spannung bezeichnet, aus den Gleichungen 194. u. 195. (S. 343) des eben genannten Bandes zu

$$f = \frac{M}{s' h} \quad . \quad . \quad 184.$$

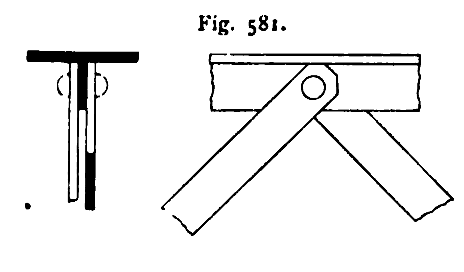
Die Querschnittsform der Gurtungen ist in der Regel eine der in Fig. 575 bis 580 dargestellten; die Formen in Fig. 576 u. 577 können mit oder ohne verticalen Mittelschlitz angeordnet werden. Ist die Gurtung in Fig. 577 mit Schlitz versehen und kann Nässe den Träger erreichen, so muss die untere Gurtung die Gestalt der Fig. 580 erhalten, damit sich das Wasser im Schlitze nicht ansammle.

315. Gitterstäbe.

Das Gitterwerk hat die verticalen Transversalkräfte (siehe S. 317 u. ff. im eben genannten Bande) aufzunehmen; hierbei kann angenommen werden, dass sich die Transversalkraft gleichmässig auf die vom verticalen Schnitte getroffenen Gitterstäbe vertheilt, d. h. es muss bei m-fachem Gitterwerk die Vertical-Componente der Spannung eines Stabes dem m-ten Theile der Transversalkraft gleich sein. Hiernach lassen sich die Stabspannungen leicht berechnen, welche der Berechnung des Anschlusses an die Gurtungen, so wie, wenn sie Druck ergeben, der Berechnung der Stäbe auf Zerknicken zu Grunde zu legen sind.

Der Querschnitt der Gitterstäbe ist in der Regel das Rechteck (Flacheisen), für lange gedrückte Stäbe das L-, das C- oder das T-Eisen. Mit den Gurtungen und an allen Kreuzungspunkten unter sich werden die Gitterstäbe durch Nietung verbunden.

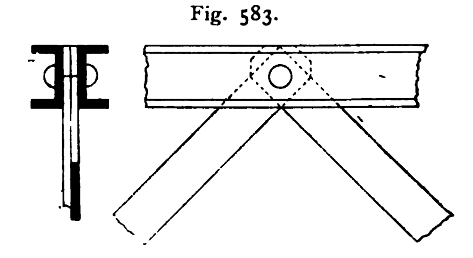
Fig. 581.



α) Der Gitterträger (Parallelträger) mit Flacheisen-Netzwerk verlangt in der Regel nur einen Niet im Anschluss an die Gurtung

Fig. 582.

Fig. 583.



und kann mit oder ohne Schlitz in der letzteren construirt sein. In Fig. 581 bis 584 sind Beispiele von Knotenpunkt-Verbindungen solcher Träger dargestellt.

In Fig. 582 sind der enge Schlitz und das Aufgeben des strengen Dreiecksverbandes Mängel. Fig. 584 zeigt die Anordnung einer Verticalversteifung, welche bei Flacheisen-Netzwerk gröfserer Träger unter jedem Laftpunkte, so wie über den Auflagern angebracht sein mufs.

Die Querschnitts-Dimensionen solcher Gitterstäbe gehen selten über 1 cm Dicke und 6 bis 8 cm Breite hinaus.

β) Der Gitterträger mit steifen Stäben aus L- oder C-Eisen wird bei grofsen Höhen, wo die Gitterstäbe erheblichen Druckspannungen ausgesetzt sind, dem unter α besprochenen vorgezogen; jedoch stellt man auch hier häufig die Stäbe, die nur Zug erhalten können, aus Flacheisen her.

Bei gröfseren derartigen Trägern genügt für den Anschlufs eines Gitterstabes an die Gurtung ein Niet (Fig. 586) nicht mehr, und es werden daher unter Umständen Knotenbleche erforderlich, (Fig. 587). Die ein-

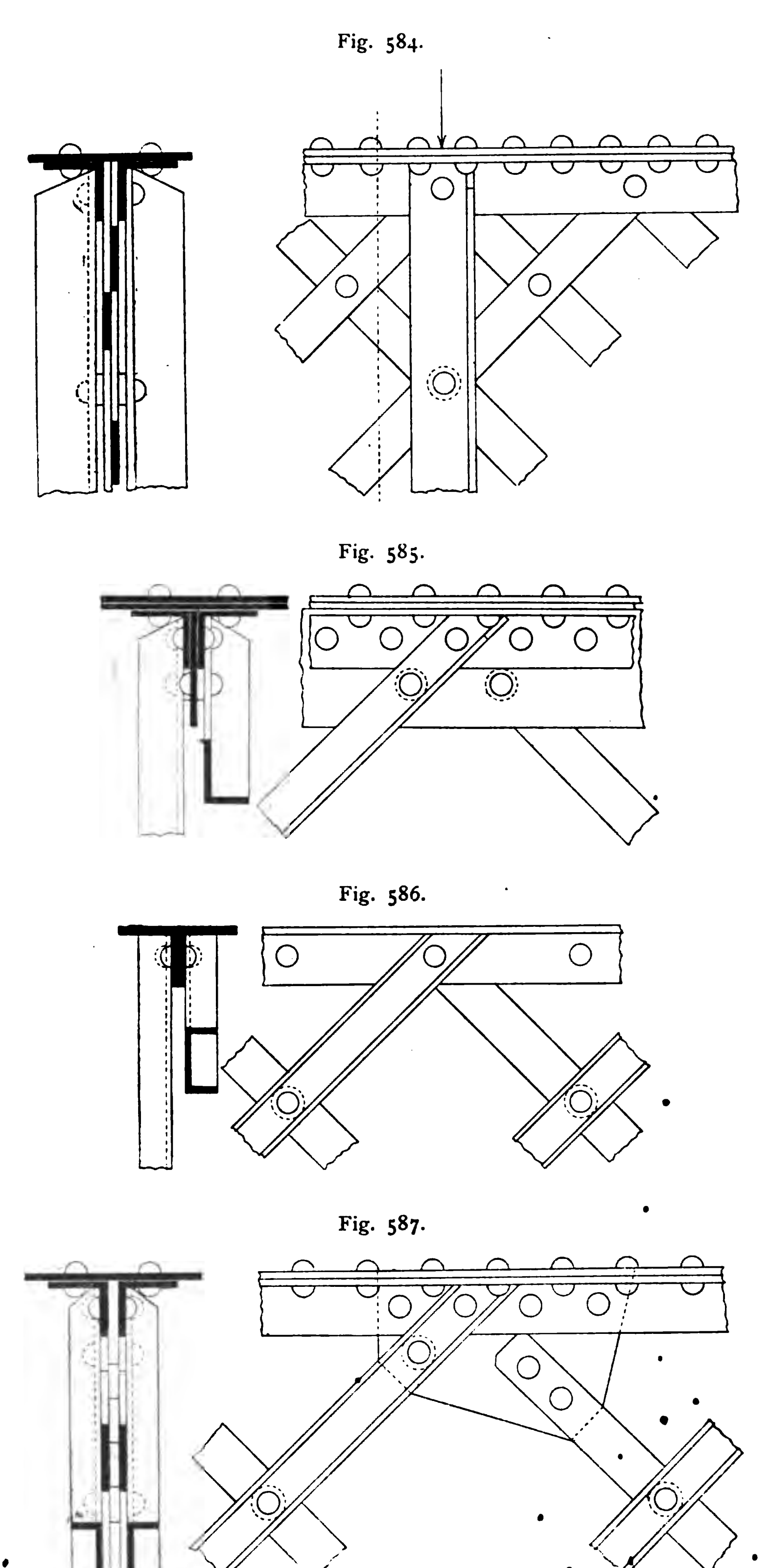


Fig. 584.

Fig. 585.

Fig. 586.

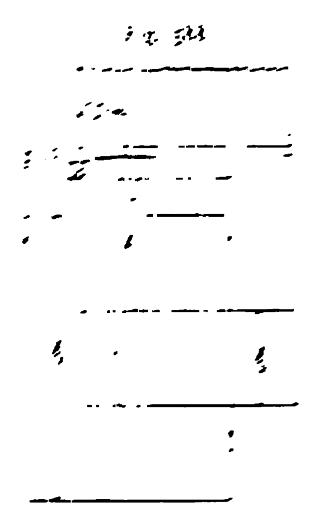
Fig. 587.

[illegible] Anderweitige Anordnungen zeigen Fig. [illegible] bis [illegible].

c) Auflager der Träger.

[illegible] Druckvertheilungsplatten.

Die Auflager der Träger erfordern in der Regel besondere Vorrichtungen. Die Auflagerflächen der Träger sind gewöhnlich so schmal und [illegible] zur Trägerlänge [illegible], dass in der geringen Auflagerfläche der für Mauerwerk zulässige Druck überschritten wird. Das nächste Verhütungsmittel besteht in der Erhöhung dieser zulässigen Pressung durch Herstellung eines Trägerlagers in Klinkern und Cement oder in Quadern. Aber auch dies genügt nur in der Minderzahl der Fälle; meist ist man gezwungen, zwischen Träger und Mauerwerk eine Druckvertheilungsplatte aus Gusseisen einzulegen, deren Vorderkante mindestens [illegible] von der Mauerkante abstehen soll.



Um den Träger nicht zu lang zu erhalten und die Wand nicht zu sehr zu schwächen, macht man diese Lagerplatten kurz, aber breit; die Länge l (Fig. [illegible]) verhält sich zur Breite b wie 1 : 2 bis 1 : 4. In der Mitte der Länge macht man die Plattendicke größer, als am Vorder- und Hinterende, um den Auflagerdruck auch bei Durchbiegungen der Träger annähernd in der Plattenmitte zu halten; der Scheitel der so entstehenden Gegenneigungen des Verhältnisses von mindestens 1 : [illegible] wird abgerundet; die Kantstärke beträgt mindestens 1,5 cm. Ist s die zulässige Pressung für das Mauerwerk (7 kg für Backsteinmauerwerk, 12 kg für Klinker in Cement, [illegible] kg für weichsten Quader auf 1 qcm), b_1 die Breite des zu unterstützenden Trägers, A der größte Auflagerdruck desselben, δ die gemittelte Stärke der Lagerplatte, b deren Breite, l ihre Länge, so muss zunächst $s\,b\,l = A$ Kilogr. sein; daraus sind b und l zu bestimmen, wenn man ihr Verhältniss so annimmt, wie es für den Fall bequem ist. δ ergiebt sich aus den Formeln (worin A in Kilogr.)

$$\delta = \left(0{,}[illegible] \sqrt{A \frac{l}{b}} - 0{,}[illegible]\, l\right) \text{Centim. u. } \delta = \left(0{,}[illegible] \sqrt{A \frac{b - b_1}{l}}\right) \text{Centim.} \quad 185.$$

der größere dieser beiden Werthe ist auszuführen.

[illegible] Lagerung.

Bei Aufstellung des Trägers wird die Platte auf kleinen Eisenkeilen mindestens 1,5 cm hohl gelegt und sorgfältig mit Cement vergossen, so dass sie voll aufruht. Sie greift bei schweren Trägern mit einem Ansatze in ein in das Mauerwerk gestemmtes Loch, welches sich beim Vergießen mit füllt.

Ganz kleine Träger legt man ohne Weiteres auf diese Platten. Bei größeren wird, wenn sie nicht zur Verankerung der Außenwände des Gebäudes dienen sollen, das eine Lager dadurch fest gemacht, dass man durch die untere Gurtung in die Lagerplatte bohrt und in das Loch einen Eisenstift schlägt; das andere Lager bleibt frei beweglich.

Eiserne Träger zur Verankerung der Gebäudemauern zu benutzen, ist nicht rathsam, da die starken Längenänderungen bei wechselnder Temperatur das Mauerwerk hin und her rütteln.

Für fehr fchwere Träger kommen die Lagerformen kleiner Brückenträger in Anwendung; da jedoch die Fälle, in welchen die Platten nach Fig. 588 nicht ausreichen, höchft felten find, fo kann von deren Befprechung hier abgefehen werden. (Vergl. das Beifpiel in Art. 319, fo wie Fig. 601 u. 602.)

d) Beifpiele.

Die Anwendung der im Vorftehenden entwickelten Grundfätze und aufgeftellten Gleichungen foll nachftehend durch zwei Beifpiele erläutert werden.

318. Vordach mit Gitterträgern.

Beifpiel 1. Vor einem öffentlichen Gebäude foll der Fufsfteig fo überdacht werden, dafs die vor dem Bordfteine haltenden Wagen vor dem Regen gefchützt erreicht werden können. Die allgemeine Anordnung zeigt Fig. 589; die Säulen ftehen je vor der zweiten Gebäudeaxe in Theilungen von $9{,}0$ m; zwifchen je 2 Säulen kommen in die Drittel-Theilpunkte 2 Pfettenträger aus gekrümmten I-Eifen zu liegen, welche gegen die Säulen durch thunlichft leichte Gitterträger abzufangen find. Gleiche Pfettenträger liegen gerade über den Säulen (Fig. 594).

Fig. 589.

1/100 n. Gr.

Die Eindeckung mit Glas wiegt für 1 qm Grundfläche 50 kg; die Eifentheile wiegen 20 kg; Schnee laftet auf 1 qm Grundfläche mit 75 kg, und der verticale Winddruck beträgt 55 kg; die Laftfumme für 1 qm ift hiernach 200 kg.

α) Berechnung des Pfettenträgers. Ein folcher unterftützt $3{,}0$ m Länge des Daches. Es ift alfo (Fig. 589)

$$P_2 = 3 \cdot 1{,}8 \cdot 200 = 1080 \text{ kg}$$

für volle Laft, und das Maximal-Moment über dem Längsträger $1080 \frac{180}{2} = 97200$ cmkg.

Das Maximal-Moment zwifchen Wand und Träger tritt ein, wenn der überkragende Theil unbelaftet ift. Es ift dann

$$P_2 = 3 \cdot 1{,}8 (50 + 20) = 378 \text{ kg},$$

und

$$P_1 = 4{,}7 \cdot 3 \cdot 200 = 2820 \text{ kg};$$

folglich der Auflagerdruck $B = \frac{2820 \cdot 470}{2 \cdot 470} - \frac{378 \cdot 180}{2 \cdot 470} = 1338$ kg. Im Abftande x von der Wand ift das Moment

$$M_x = 1338\, x - \frac{3 \cdot 0{,}01 \cdot 200\, x^2}{2};$$

die Abfciffe des Maximal-Momentes folgt alfo aus $0 = 1338 - 3 \cdot 0{,}01 \cdot 200\, x$ mit $x = 223$ cm, und das Maximal-Moment ift

$$M_{max} = 1338 \cdot 223 - \frac{3 \cdot 0{,}01 \cdot 200 \cdot 223^2}{2} = 149187 \text{ cmkg}.$$

Nach letzterem Momente ift der Pfettenträger zu bemeffen; feine zu grofse Stärke über dem Längsträger ift erwünfcht, weil er hier durch das Biegen gefchwächt wird. Bei 1000 kg Beanfpruchung für 1 qcm mufs das Widerftandsmoment $\frac{149187}{1000} = \backsim 150$ fein; es ift alfo Normalprofil Nr. 18[114]) zu wählen.

β) Berechnung des Gitterträgers. Die Laft, welche von einem Pfettenträger übertragen wird, ift bei ganz voller Belaftung nach Fig. 589

$$A = \frac{3 \cdot 1{,}8 \cdot 200 \left(470 + \frac{180}{2}\right) + 3 \cdot 4{,}7 \cdot 200 \cdot \frac{470}{2}}{470} = 2700 \text{ kg}.$$

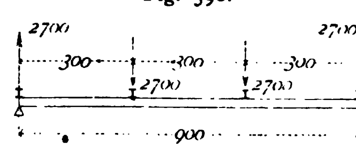
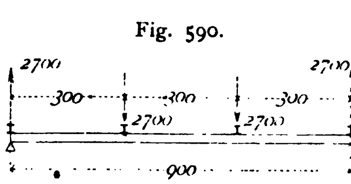



Fig. 590.

Aus dem in Fig. 590 dargeftellten Laftzuftande ergiebt fich ein zwifchen den beiden mittleren Pfettenträgern conftantes Maximal-

114) Siehe die Tabelle in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«, S. 198.

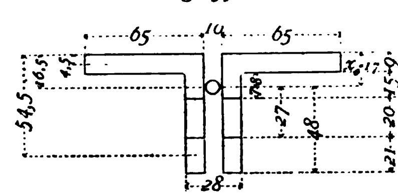


Fig. 591.

Biegungsmoment von $2700 \cdot 300 = 810000$ cmkg. Aeufserer Verhältniffe halber mag die Trägerhöhe auf ungefähr 50 cm feft gefetzt werden; die Schwerpunkte der aus je 2 Winkeleifen zu bildenden Gurtungen werden dann rund 44 cm von einander liegen, und bei 1000 kg Beanfpruchung ift nach der obigen Gleichung 184. der Gurtungsquerfchnitt $f = \frac{M}{s' h} = \frac{810000}{1000 \cdot 44} = \backsim 18$ qcm. Für jedes der zwei Winkeleifen kommen bei 2 cm Nietdurchmeffer und rund 1 cm Schenkeldicke 2 qcm in Abzug (Fig. 591); jeder Winkel mufs alfo $\frac{18}{2} + 2 = 11$ qcm Netto-Querfchnitt haben, und es wird daher das Winkeleifen Nr. $6 \frac{1}{2}$ mit 9 mm Schenkeldicke [115]) und $f = 10{,}89$ qcm gewählt.

Die Niete in diefem Winkeleifen find behufs freier Ausbildung der Köpfe nach Fig. 591 anzuordnen, und es ergiebt fich demnach der Abftand des Gurtungs-Schwerpunktes von der Aufsenkante nach Fig. 591 mit

$$x_0 = \frac{2 \cdot 65 \cdot 9 \cdot 4{,}5 + 2 \cdot 15 \cdot 9 \cdot 16{,}5 + 2 \cdot 21 \cdot 9 \cdot 54{,}5}{2 \cdot 65 \cdot 9 + 2 \cdot 15 \cdot 9 + 2 \cdot 21 \cdot 9} = 16{,}6 = \backsim 17 \text{ mm}.$$

Die Trägerhöhe mufs alfo genauer auf $44 + 2 \cdot 1{,}7 = 47{,}4$ cm oder rund 48 cm bemeffen werden.

γ) Unterfuchung der oberen Gurtung auf Zerknicken. Die auf die Gurtung wirkende Druckkraft D folgt aus der Divifion des Schwerpunkt-Abftandes $48 - 2 \cdot 1{,}7 = 44{,}6$ cm in das Moment mit $D = \frac{810000}{44{,}6} = 18164$ kg.

Weiter ift das kleinfte Trägheitsmoment der Gurtung in Bezug auf die horizontale Schwerpunktsaxe (Fig. 591)

$$\mathcal{J}_{min} = 2 \left(6{,}5 \, \frac{1{,}7^3 - 0{,}8^3}{3} + 0{,}9 \, \frac{0{,}8^3 + 0{,}7^3 + 4{,}8^3 - 2{,}7^3}{3} \right) = 74.$$

Die Theilung der Knoten, welche mit Rückficht auf Zerknicken nach der horizontalen Schwerpunktsaxe bei 5-facher Sicherheit zuläffig ift, folgt nach Art. 335 (S. 298) in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches« für die freie Gurtungslänge zwifchen den Pfettenträger-Knoten. Nach Gleichung 107. (ebendaf.) mufs

$$5 P = \frac{E \mathcal{J} \pi^2}{l^2} (2n + 1)^2 \text{ fein, woraus } 2n + 1 = \sqrt{\frac{5 P l^2}{E \mathcal{J} \pi^2}} \text{ oder}$$

$$2n + 1 = \sqrt{\frac{5 \cdot 18164 \cdot 300^2}{2000000 \cdot 74 \cdot \pi^2}} = 2{,}366 \text{ und } n = 0{,}683.$$

Da n nur ganze Zahlen darftellt, ift $n = 1$ zu machen, und dafür wird nach Gleichung 108. oder 110. (ebendaf.) $\lambda = \frac{2l}{3} = \frac{2 \cdot 300}{3} = 200$ cm. λ ift aber als volle Wellenlänge gleich zwei Knotentheilungen; die Theilung der Knoten darf daher höchftens 100 cm betragen. Da die Stäbe jedoch thunlichft unter 45 Grad anzuordnen find, da ferner die Höhe von Schenkelmitte zu Schenkelmitte der Gurtungswinkel

$$48 - 2 \cdot 0{,}9 - 2 \, \frac{6{,}5 - 0{,}9}{2} = 41{,}6 \text{ cm}$$

beträgt, fo wird die Länge zwifchen den Pfettenträgern in 6 Felder getheilt und die Knotentheilung fomit = 50 cm gemacht.

Fig. 592.

Weiter ift zu unterfuchen, wie oft innerhalb eines Feldes die beiden Winkeleifen der gedrückten Gurtung durch Stehniete zu verbinden find, damit die Winkel nicht innerhalb eines Feldes einzeln unter dem Drucke $\frac{D}{2} = \frac{18164}{2} = 9082$ kg ausknicken. Das einzelne Winkeleifen weicht winkelrecht zur Axe des kleinften Trägheitsmomentes aus, welche in Fig. 592 punktirt ift. Der Schwerpunkt liegt von den Schenkel-Aufsenkanten um

$$\frac{0{,}9 \cdot 5{,}6 \cdot \frac{0{,}9}{2} + 6{,}5 \cdot 0{,}9 \cdot \frac{6{,}5}{2}}{0{,}9 \, (6{,}5 + 5{,}6)} = 1{,}95 \text{ cm}$$

entfernt, und das Trägheitsmoment für die zum Schenkel parallele Schwerpunktsaxe be-

[115]) Siehe ebendaf., S. 195.

trägt [116]) 42,44. Nietabzug ist hier nicht zu machen, weil innerhalb der Theilung der Verbindungsniete keine Niete vorkommen.

Das kleinste Trägheitsmoment für die punktirte Axe folgt [117]) aus $\mathcal{J}y_1$ für $\mathcal{J} = \mathcal{J}_1 = 42{,}44$ und $\alpha = 45$ Grad; das Centrifugal-Moment H für die ausgezogenen Axen (Fig. 592) ist

$H = +4{,}55 \cdot 0{,}9 \cdot 2{,}275 \cdot 1{,}5 - 1{,}05 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}525 \cdot 1{,}5 - 1{,}95 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}975 \cdot 1{,}5 + 4{,}55 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}5 \cdot 2{,}275 = 24{,}64$.

Es ist $\mathcal{J}y_1 = \mathcal{J} \cos^2 \alpha + \mathcal{J}_1 \sin^2 \alpha - H \sin 2\alpha$, sonach

$$\mathcal{J}y_1 = 42{,}44 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + 42{,}44 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 - 24{,}64 \cdot 1 = 17{,}8\,,$$

somit bei 5-facher Sicherheit [118]) $5 \cdot 9082 = \frac{2000000 \cdot 17{,}8 \cdot \pi^2}{l^2} (2n + 1)^2$, worin für l nur die Feldlänge zu setzen ist. Es wird $2n + 1 = \sqrt{\frac{5 \cdot 9082 \cdot 50^2}{2000000 \cdot 17{,}8 \cdot \pi^2}}$ und $n = -0{,}216$. Es ist also $n = 0$ zu setzen, somit [119]) $\lambda = 2\,l$, und es ist Nietung zwischen den Knoten nach Fig. 128 (S. 298) in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches« nicht erforderlich.

Schliesslich ist zu untersuchen, ob die ganze Gurtung zwischen den Pfettenträger-Knoten gegen seitliches Ausweichen sicher ist. Das Trägheitsmoment für die verticale Schwerpunktsaxe beträgt nach Fig. 591

$$\mathcal{J}_{max} = 0{,}9 \frac{14^3 - 1^3}{12} + (1{,}5 + 2{,}1) \frac{2{,}8^3 - 1^3}{12} = 212\,;$$

die Gurtung kann zwischen den steifen Pfettenträger-Knoten als an beiden Enden eingespannt angesehen werden; die zulässige freie Länge l folgt bei 5-facher Sicherheit demnach [120]) aus

$$5\,D = \frac{4\,\pi^2 E \mathcal{J}}{l^2} \quad \text{oder} \quad 5 \cdot 18164 = \frac{4\,\pi^2 \cdot 2000000 \cdot 212}{l^2}$$

mit $l = 429{,}3$ cm. Der Träger ist somit auch in dieser Hinsicht genügend stark.

δ) Berechnung der Gitterstäbe. Im Gitterträger ist die grösste Transversalkraft in den beiden Endfeldern constant $= 2700$ kg und im Mittelfelde gleich Null; sie vertheilt sich auf je 2 Gitterstäbe, von denen die vom Auflager nach der Mitte steigenden gedrückt, die anderen gezogen werden. Die theoretische Länge des normalen Gliedes ist $= \sqrt{41{,}6^2 + 50^2} = \backsim 65{,}1$ cm. Für einen Gitterstab folgt die Spannung P demnach aus der Proportion $P : \frac{2700}{2} = 65{,}1 : 41{,}6$ mit $P = 2110$ kg.

Werden die gezogenen Stäbe aus Bandeisen von 6×1 cm gebildet und mit einem Niet von 2 cm Durchmesser im Schlitze der Gurtungen befestigt, so ist die Spannung im Bande $\frac{2110}{(6-2)\,1} = 528$ kg. Die Anschlussniete sind zweischnittig, und es ist nach Gleichung 85. (S. 142) $d > \delta$, folglich die Zahl der Anschlussniete (bei $s'' = 1100$ kg für 1 qcm) $n = \frac{2110}{2 \cdot 1 \cdot 1100} = 0{,}96$; ein Niet genügt also.

Die gedrückten Stäbe sollen aus zwei derartigen Bandeisen hergestellt werden, welche seitlich an den Winkeleisen der Gurtungen mit demselben Niete, wie die gezogenen Stäbe, zu befestigen sind. Eine Ueberbeanspruchung der so verlängerten Niete entsteht nicht, weil man die äusseren Schafttheile als besondere Niete auffassen kann, und die grösste Beanspruchung aus den gezogenen Stäben in der Lochwandung des Bandes, nicht der Gurtung liegt. Diese doppelten Druckstäbe sind auf Zerknicken für die freie Länge von 65,1 cm zu berechnen; sie werden durch Stehniete abgesteift. Das kleinste Trägheitsmoment des Querschnittes ist nach Fig. 593 annähernd $= 2 \frac{b}{2}\, 2\,\delta \left(\frac{h}{2}\right)^2$; also ergiebt sich der Steifigkeits-Coefficient c [121]) aus:

$$2 \frac{b}{2}\, 2\,\delta \left(\frac{h}{2}\right)^2 = c \cdot 4 \frac{b}{2}\, \delta\, h^2 \quad \text{mit} \quad c = \frac{1}{4}.$$

Fig. 593.

Es ist nun [122]) $P = \frac{E \mathcal{J} \pi^2}{l^2}$ oder bei 5-facher Sicherheit [123]) $P = \frac{E\,\pi^2\,c\,F\,h^2}{5\,l^2}$; es ergiebt sich somit das erforderliche h zu

---

116) Nach S. 195 ebendas.
117) Nach Gleichung 45. (S. 269) ebendas.
118) Nach Gleichung 107. (S. 298) ebendas.
119) Nach Gleichung 109. (S. 299) ebendas.
120) Nach S. 302, Fall 3 ebendas.
121) Nach Gleichung 130. (S. 303) ebendas.
122) Nach Gleichung 109. (S. 299) ebendas.
123) Mit Rücksicht auf Gleichung 130. (S. 303) ebendas.

Fig. 594.

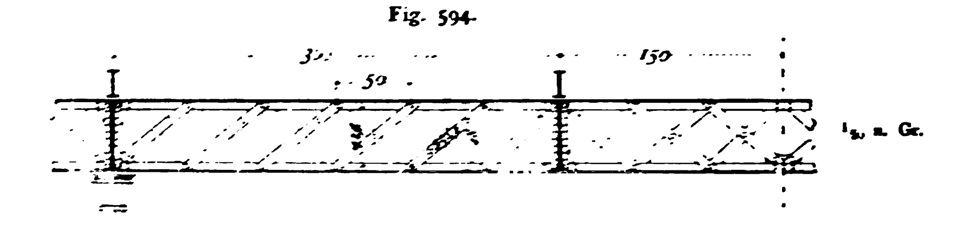


Fig. 596.

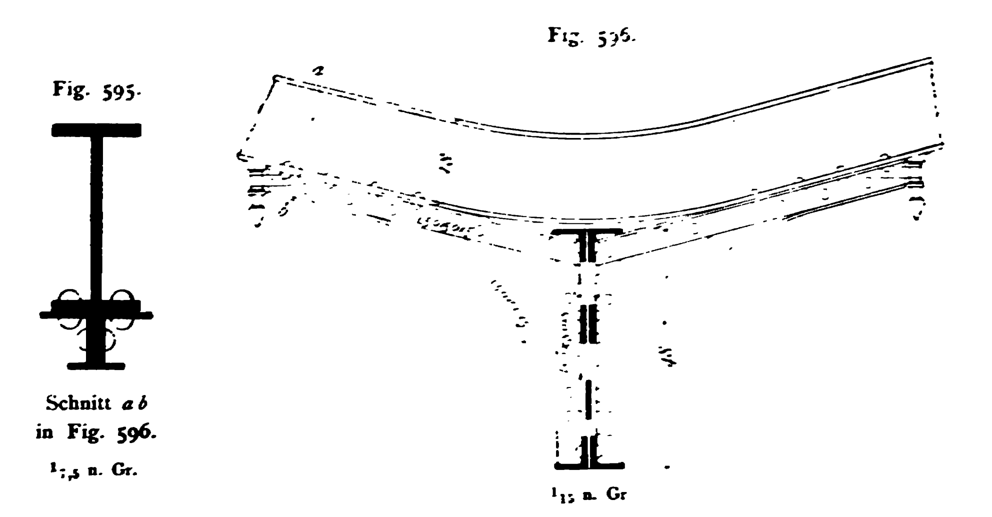


Fig. 595.

Schnitt *a b* in Fig. 596.

$^1/_{7,5}$ n. Gr.

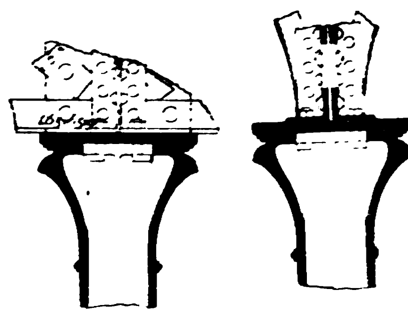
$$h = \sqrt{\frac{5 P l^2}{\pi^2 E c F}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 2110 \cdot 65{,}1^2}{\pi^2 \cdot 2000000 \cdot \frac{1}{4} \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1}} = 1{,}65 \text{ cm}.$$

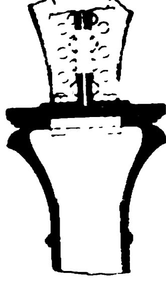
Thatfächlich liegen die Mitten der feitlich auf die Gurtungen genieteten Stäbe um $2 \cdot 0{,}5 + 2 \cdot 0{,}9 + 1 = h = 3{,}9$ cm von einander; der Querfchnitt ift folglich reichlich ftark.

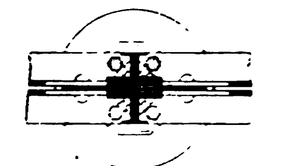
Es bleibt nur noch zu unterfuchen, in welcher Theilung Stehniete in die Doppelbänder einzuziehen find.

Das Trägheitsmoment einer Stabhälfte ift $\mathfrak{J}_{min} = \frac{6 \cdot 1}{12} = 0{,}5$, alfo [124] bei 5-facher Sicherheit:

Fig. 597.







$^1/_{15}$ n. Gr.

$$2n + 1 = \sqrt{\frac{5 P l^2}{\pi^2 E \mathfrak{J}}} = \sqrt{\frac{5 \cdot \frac{2110}{2} \cdot 65{,}1^2}{\pi^2 \cdot 2000000 \cdot 0{,}5}} = 1{,}505$$

und $n = 1$.

Somit müfften [125] 2 Stehniete in die Drittel-Theilpunkte gefetzt werden; da aber jedenfalls ein folcher in die Ueberkreuzung der Stäbe kommt, fo find noch zwei in die Mitten der Hälften jedes Stabes nach Fig. 594 zu fetzen. Im Mittelfelde, wo die Transverfalkraft nur bei fchiefer Laft in geringem Mafse auftritt, können diefe Niete fehlen.

Unter den Pfettenträgern und über den Säulen erhält der Träger (Fig. 594) jedesmal zur Vertheilung der Laft nach oben und unten eine kräftige Verticalfteife aus Blechwand und 4 Winkeleifen von $50 \times 50 \times 5$ cm. Ueber den Säulen find die Träger von einander ifolirt; die einzige Verbindung befteht in der Vernietung oder Verfchraubung der

124) Nach Gleichung 107. (S. 298 ebendaf.

125) Nach Gleichung 110. (S. 299 und Fig. 129 ebendaf.

abftehenden Schenkel der zur Abfteifung dienenden Winkeleifen, und diefe ift nachgiebig genug, um die höchftens 3 mm betragende Längenänderung unter Temperaturwechfeln zuzulaffen. In den Knotenpunkten des Pfettenträgers fchliefsen die doppelten Stäbe an die Knotenbleche an, müffen alfo von 3,8 cm auf 1 cm Zwifchenraum zufammengezogen werden.

Uebrigens ift in Fig. 594 und in Fig. 595 bis 597 dargeftellt, wie die Pfettenträger durch Confolen gegen den Gitterträger abgefteift werden, und wie letzterer auf den Säulen zu lagern und zu befeftigen ift.

319. Netzwerkträger als Unterzug.

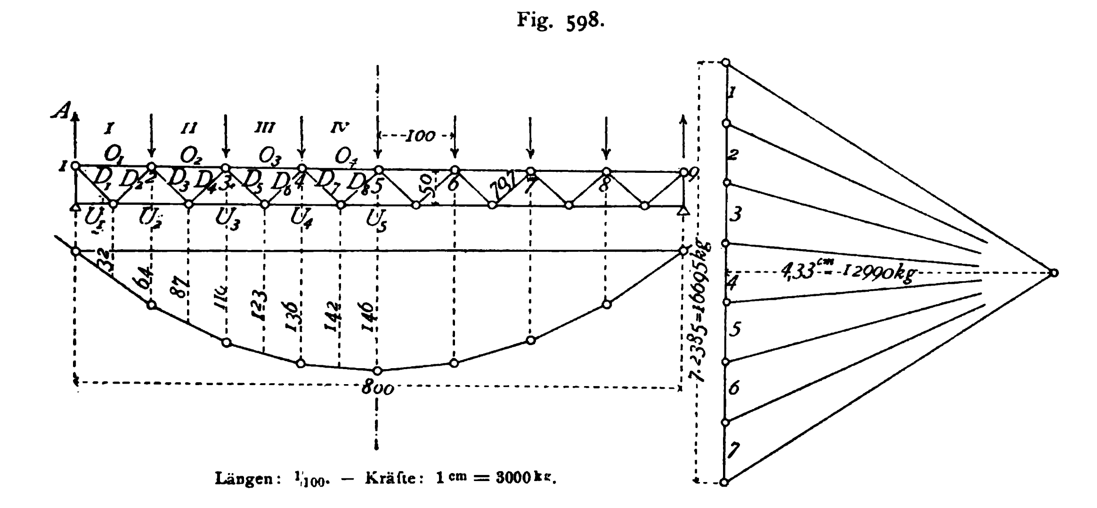
Beifpiel 2. Im oberen Gefchoffe eines lang geftreckten Gebäudes foll ein Tanzfaal eingerichtet werden. Die Tiefe beträgt nahezu 8 m, fo dafs der Tiefe nach keine Balken gelegt werden können; fie follen vielmehr in 1,0 m Theilung der Länge nach liegen und in der 4,5 m betragenden Axentheilung des Gebäudes durch eiferne Netzwerkträger unterftützt werden.

Das Quadr.-Meter der Decke mit halbem Windelboden wiegt[126]) 280 kg und wird mit 250 kg belaftet[126]). Das laufende Centimeter eines Balkens trägt fonach $1 \cdot 0{,}01\ (280 + 250) = 5{,}3$ kg; das Maximal-Moment zwifchen zwei Unterzügen ift $\frac{5{,}3 \cdot 450^2}{8} = \frac{80\, b\, h^2}{6}$; folglich mufs bei 80 kg Beanfpruchung und einer Balkenbreite $b = 18$ cm die Balkenhöhe $h = 23{,}5$ cm fein.

Die ganze Belaftung auf einem Knotenpunkte des Unterzuges beträgt:

an Eigengewicht	$1 \cdot 4{,}5 \cdot 280 =$	1260 kg,
» mobiler Laft	$1 \cdot 4{,}5 \cdot 250 =$	1125 »
	zufammen	2385 kg.

Fig. 598.



Längen: 1/100. — Kräfte: 1 cm = 3000 kg.

α) Gurtungen. Die Momente, welche für volle Belaftung am gröfsten werden, find in Fig. 598[127]) ermittelt. Es wird angenommen, dafs die Gurtungs-Schwerlinie in der Niettheilungslinie liegt; da fie thatfächlich etwas aufserhalb liegen wird, fo ergiebt die Rechnung etwas zu fichere Refultate. Die Niettheilungslinien werden um die theoretifche Trägerhöhe = 50 cm von einander entfernt gelegt, fo dafs die beiden Stäbe jedes Feldes unter 45 Grad zu ftehen kommen.

Die vom Eigengewicht herrührenden Spannungen verhalten fich zu den Gefammtfpannungen, wie $\frac{280}{530}$. Die Spannungen in den Gurtungen erhält man durch Divifion des Momentes durch die Trägerhöhe; es ergeben fich hiernach die in der folgenden Tabelle zufammengeftellten Stabfpannungen in der unteren, bezw. oberen Gurtung.

Bei diefen ftark verfchiedenen Spannungen empfiehlt fich eine Variation des Querfchnittes in den verfchiedenen Feldern, d. h. man verftärkt die am Auflager mit je 2 Winkeleifen beginnenden Gurtungen gegen die Mitte zu nach Bedarf durch aufgenietete Platten. Der Schlitz zwifchen den Winkeleifen wird behufs Aufnahme ftarker Knotenbleche 1,5 cm weit angenommen; alle Theile werden mit Nieten von 2 cm Durchmeffer verbunden.

[126]) Siehe in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches« die Tabellen auf S. 318.

[127]) Nach Art. 361 (S. 324) ebendaf.

		Spannungen durch:		
		die Gesammtbelastung.	das Eigengewicht.	die mobile Belastung.
Untere Gurtung.	$U_5 =$	$+\frac{12990 \cdot 146}{50} = +37900$	$37900 \frac{280}{530} = 20000$	$37900 - 20000 = 17900$
	$U_4 =$	$+\frac{12990 \cdot 136}{50} = +35300$	$35300 \frac{280}{530} = 18700$	$35300 - 18700 = 16600$
	$U_3 =$	$+\frac{12990 \cdot 110}{50} = +28600$	$28600 \frac{280}{530} = 15100$	$28600 - 15100 = 13500$
	$U_2 =$	$+\frac{12990 \cdot 64}{50} = +16600$	$16600 \frac{280}{530} = 8770$	$16600 - 8770 = 7830$
	$U_1 =$	0		
Obere Gurtung.	$O_4 =$	$-\frac{12990 \cdot 142}{50} = -37000$	$-37000 \frac{280}{530} = -19600$	$-(37000 - 19600) = -17400$
	$O_3 =$	$-\frac{12990 \cdot 123}{50} = -32000$	$-32000 \frac{280}{530} = -16900$	$-(32000 - 16900) = -15100$
	$O_2 =$	$-\frac{12990 \cdot 87}{50} = -22700$	$-22700 \frac{280}{530} = -12000$	$-(22700 - 12000) = -10700$
	$O_1 =$	$-\frac{12990 \cdot 32}{50} = -8300$	$-8300 \frac{280}{530} = -4300$	$-(8300 - 4300) = -4000$

Kilogramm.

Die Durchschnitts-Variation wird nicht in jedem Felde vorgenommen; der Querschnitt soll vielmehr in jeder Trägerhälfte für die Gruppen U_1, U_2 — U_3 — U_4, U_5 — O_1, O_2 — O_3, O_4 constant bleiben.

Der erforderliche Querschnitt ist unter Zuschlag für die Nietlochung nach den Gleichungen 15. und 18. in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches« (S. 250 u. 251) zu berechnen.

	Stab	Erforderlicher Querschnitt:	Hergestellt aus:		Nutzquerschnitt:
Nach Gleichung 15:	U_1, U_2	$\frac{8770}{1400} + \frac{7830}{770} = 16{,}4$ qcm	2 Winkeleisen	$6 \times 6 \times 1{,}0$ qcm	$2 \cdot 1{,}0\,(6 + 5 - 2) = 18$ qcm
	U_3	$\frac{15100}{1400} + \frac{13500}{770} = 28{,}4$ »	2 Winkeleisen + 1 Platte	$6 \times 6 \times 1{,}0$ » $17{,}5 \times 0{,}8$ »	$18 + 0{,}8\,(17{,}5 - 4) = 28{,}8$ »
	U_4, U_5	$\frac{20000}{1400} + \frac{17900}{770} = 37{,}5$ »	2 Winkeleisen + 1 Platte + 1 Platte	$6 \times 6 \times 1{,}0$ » $17{,}5 \times 0{,}8$ » $17{,}5 \times 0{,}6$ »	$28{,}8 + 0{,}6\,(17{,}5 - 4) = 36{,}9$ »
Nach Gleichung 18:	O_1, O_2	$\frac{12000}{1200} + \frac{10700}{720} = 25$ »	2 Winkeleisen	$7{,}5 \times 7{,}5 \times 1{,}0$ »	$2 \cdot 1\,(7{,}5 + 6{,}5 - 2) = 24$ »
	O_3, O_4	$\frac{19600}{1200} + \frac{17400}{720} = 40{,}5$ »	2 Winkeleisen + 1 Platte	$7{,}5 \times 7{,}5 \times 1{,}0$ » $20{,}5 \times 1{,}0$ »	$24 + 1\,(20{,}5 - 4) = 40{,}5$ »

Fig. 599.

Gegen Zerknicken der ganzen oberen Gurtung wirken die aufgelagerten Balken. Die Steifigkeit der einzelnen Felder, wie die Theilung der Verbindungsstehniete da, wo die Platten fehlen, ist wie folgt zu untersuchen.

Die ungünstigsten Felder sind O_4 und O_2. In O_4 (Fig. 599) liegt der Schwerpunkt 2,3 cm unter Oberkante und das kleinste Trägheitsmoment ist

$$\mathcal{J}_{min} = (20{,}5 - 4)\frac{2{,}3^3 - 1{,}3^3}{3} + (16{,}5 - 4 - 1{,}5)\frac{1{,}3^3 - 0{,}3^3}{3} + 2\,\frac{0{,}3^3 + 6{,}2^3}{3} = 221.$$

Das nothwendige Trägheitsmoment ist bei 5-facher Sicherheit[126] $\mathcal{J} = \frac{5\,P\,l^2}{E\,\pi^2}$. Nun ist

$$l = 100^{\,\mathrm{cm}} \text{ und } P = 37000^{\,\mathrm{kg}}, \text{ also } \mathcal{J} = \frac{5 \cdot 37000 \cdot 100^2}{2000000 \cdot \pi^2} = 93{,}7.$$

125) Nach Fig. 136 in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

Der Querfchnitt, welcher auf Druck eben genügt, ift alfo gegen Zerknicken reichlich fteif. Er kann als einheitlicher Querfchnitt angefehen werden, da die Platte die Winkeleifen verbindet; die Heftniete find in einer Theilung von 5 Durchmeffern = 10 cm angenommen, fo dafs die Halbirung der Theilung für die Anfchlufsniete eben noch möglich ift.

Fig. 600.

In O_2 mufs unterfucht werden, wie oft die einzelnen Winkeleifen zu verbinden find (Fig. 600). Der Schwerpunkt eines Winkeleifens liegt 2,2 cm von Schenkelaufsenkante, und für die zu den Schenkeln parallelen Schwerpunktsaxen ift [129] $\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_1 = 73{,}5$.

Unter Bezugnahme auf Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«, Art. 313 (S. 269) wird nach Fig. 600 für ein Winkeleifen:

$$H = 5{,}3 \cdot 1 \cdot 2{,}65 \cdot 1{,}7 + 2{,}2 \cdot 1\,(-1{,}1) \cdot 1{,}7 + 1{,}2 \cdot 1\,(-1{,}7) \cdot 0{,}6 + 5{,}3 \cdot 1\,(-2{,}65)\,(-1{,}7) = 42{,}5\,,$$

und das kleinfte Trägheitsmoment ift nach Gleichung 45. dafelbft

$$\mathfrak{J}_{y_1} = 73{,}5 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + 73{,}5 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 - 42{,}5 \cdot 1 = 31.$$

Sollen zwifchen die Knotenpunkte keine Verbindungsniete gefetzt werden, fo ift das erforderliche Trägheitsmoment für O_2 (= 22 500 kg)

$$\mathfrak{J} = \sqrt{\frac{5\,\frac{22\,500}{2}\,100^2}{2\,000\,000\,\pi^2}} = 5{,}4\,,$$

fo dafs alfo die unverbundenen Winkeleifen fchon fteif genug wären. Es werden jedoch in jedes Feld zweckmäfsig 2 Stehniete eingefetzt, um die gleichmäfsige Beanfpruchung thunlichft zu fichern.

Die in einem Knotenpunkte neu beginnende Platte oder Lamelle mufs über diefen Punkt hinaus nach dem Auflager zu fo weit hinausragen, dafs die ihrem Querfchnitte entfprechende Zahl von Anfchlufsnieten aufserhalb des Knotenpunktes Platz findet.

Es ift die Spannung im Stabe O_3 der oberen Gurtung gleich − 32 300 kg und der ganze Querfchnitt deffelben gleich 40,5 qcm; fonach hat 1 qcm $\frac{32\,300}{40{,}5} = 800$ kg zu tragen. Die von der Lamelle aufzunehmende Kraft ift $(20{,}5 - 4)\;1 \cdot 800 = 13\,200$ kg; die Anfchlufsniete find einfchnittig, der Nietdurchmeffer d gleich der doppelten Blechdicke δ ($d = 2\,\delta$); fonach beträgt die Zahl der Nieten nach Art. 206 (S. 142, Gleichung 83.), wenn 700 kg pro 1 qcm als zuläffige Scherbeanfpruchung der Niete angenommen werden,

$$n = \frac{13\,200 \cdot 4}{2^2 \cdot \pi \cdot 700} = 6 \text{ Niete.}$$

Da ftets 2 Niete neben einander fitzen, fo müffen hiernach 3 Nietreihen aufserhalb des Knotenpunktes $O_2\,O_3$ in der Lamelle enthalten fein, woraus fich die in Fig. 602 dargeftellte Anordnung ergiebt. Die Ungleichmäfsigkeit, welche aus der Zufügung der Lamelle für die Balkenlagerung entfteht, wird durch Ausfchneiden der Balken ausgeglichen (Fig. 601 u. 601 a).

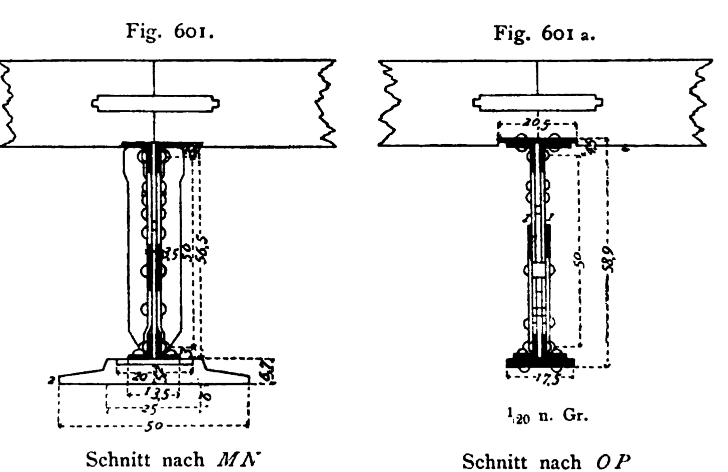


Fig. 601. Fig. 601 a.

1/20 n. Gr.

Schnitt nach MN Schnitt nach OP
des Trägers in Fig. 602.

β) Gitterftäbe. Die Spannungen in den Gitterftäben follen beifpielsweife für die Felder I und IV in Fig. 598 unterfucht werden.

Im Felde I werden fie am ungünftigften belaftet, wenn alle Knotenpunkte 2 bis 8 mobile Laft tragen. Es ift dann der Auflagerdruck für Eigengewicht $A = \frac{7 \cdot 1260}{2} = 4410$ kg, für mobile Laft

[129] Nach der Tabelle auf S. 195 in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«.

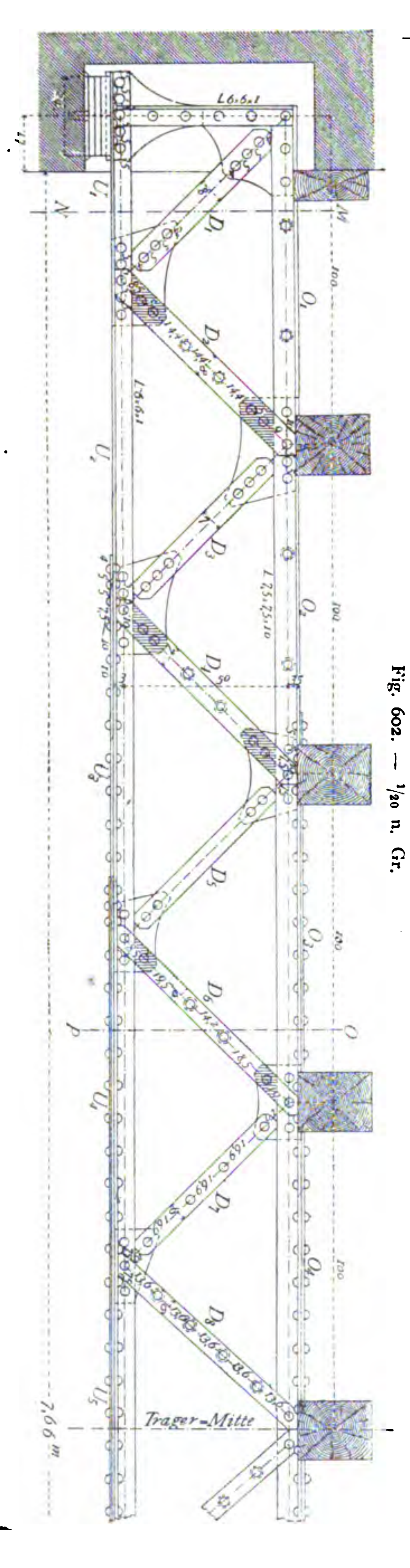


Fig. 602. — 1/20 n. Gr.

$A = \frac{7 \cdot 1125}{2} = 3940$ kg. Es entstehen somit im Gitterstabe D_1 die Spannungen $4410 \cdot 1{,}414 = + 6235$ kg aus Eigengewicht und $3940 \cdot 1{,}414 = + 5570$ kg aus mobiler Last. In D_2 treten dieselben Kräfte als Druck auf.

Die erforderlichen Querschnitte im Stabe D_1 ergeben sich [130]) zu $\frac{6235}{1400} + \frac{5570}{770} = 11{,}8$ qcm; D_1 wird daher aus 2 Flachbändern von 8×1 cm gebildet und erhält $2 (8 - 2) \cdot 1 = 12$ qcm Nutzquerschnitt. Nach Art. 206 (Gleichung 85., S. 142) wird die Anzahl der Anschlussniete bei 1300 kg Lochlaibungsdruck im 1,5 cm starken Knotenbleche

$$n = \frac{6235 + 5570}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 3.$$

Für den Stab D_2 ist der erforderliche Querschnitt [131]) $\frac{6235}{1200} + \frac{5570}{720} = 13$ qcm; die auf die Gurtwinkel zu nietenden Flacheisenstäbe erhalten demnach 8,5 cm Breite. Die Länge beträgt $50 \cdot 1{,}414 = 70{,}7$ cm, und das nothwendige Trägheitsmoment bei 5-facher Sicherheit ist [132])

$$\mathcal{J} = \frac{5 \, P \, l^2}{\pi^2 \, E} = \frac{5 \, (6235 + 5570) \cdot 70{,}7^2}{\pi^2 \cdot 2\,000\,000} = 14{,}7.$$

Die erforderliche Dimension h (Fig. 593) folgt also aus $2 \, (8{,}5 - 2) \, 1 \, \frac{h^2}{4} = 14{,}7$ mit $h = 2{,}13$ cm. Thatsächlich ist $h = 1{,}5 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0{,}5 = 4{,}5$; der Flacheisenquerschnitt reicht also für den Druck aus. Die Theilung der Verbindungsniete hängt vom Trägheitsmomente des einzelnen Flacheisens ab, welches $1^3 \, \frac{8{,}5 - 2}{12} = 0{,}54$ beträgt. Bei 5-facher Sicherheit ist [133])

$$2 n + 1 = \sqrt{\frac{5 \cdot (6235 + 5570) \cdot \frac{1}{2} \cdot 70{,}7^2}{\pi^2 \cdot 2\,000\,000 \cdot 0{,}54}} = 3{,}7$$

und $n = 2$;

folglich die Wellenlänge $\lambda = \frac{2}{2 \cdot 2 + 1} \, l = \frac{2}{5} \, l$; die Niettheilung, welche $= \frac{\lambda}{2}$ ist, muss also $= \frac{1}{5}$ der Länge, d. h. $\frac{70{,}7}{5} = 14{,}12$ cm betragen.

Im Felde *IV* ist die vom Eigengewichte herrührende Transversalkraft $\frac{7 \cdot 1260}{2} - 3 \cdot 1260 = 630$ kg, daher die Spannung im Stabe D_7 gleich $+ 630 \cdot 1{,}414 = + 890$ kg und im Stabe D_8 gleich $- 890$ kg.

Sind die Knotenpunkte *5* bis *8* mobil belastet, so ist der von der mobilen Last herrührende Auflagerdruck

$$A = \frac{1125 \, (4 + 3 + 2 + 1) \, 100}{800} = 1406 \text{ kg},$$

somit die aus der mobilen Belastung rechts herrührenden

---

130) Nach: Gleichung 15. (S. 250) in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

131) Nach: Gleichung 18. (S. 251) ebendas.

132) Nach: Fig. 136 (S. 302) ebendas.

133) Nach: Gleichung 107. (S. 298) ebendas.

Spannungen in den Stäben D_7 und D_8 bezw. $+ 1406 \cdot 1{,}414 = + 1990$ kg und $- 1990$ kg. Sind dagegen die Knotenpunkte *2* bis *4* voll belaftet, fo ift

$$A = \frac{1125\,(5 + 6 + 7)\,100}{800} = 2530\,^{\text{kg}}$$

und die Transverfalkraft im Felde *IV* $2530 - 3 \cdot 1125 = - 845$ kg; fonach betragen die aus der mobilen Belaftung links fich ergebenden Spannungen in den Stäben D_7 und D_8 bezw. $- 845 \cdot 1{,}414 = - 1195$ kg und $+ 1195$ kg.

Es ift fonach der Gitterftab D_7 nach Gleichung 21. in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches« (S. 251) zu dimenfioniren mit

$$\frac{890}{1400} + \frac{1990}{770} + \frac{1195}{1700} = 3{,}9\,^{\text{qcm}}$$

und der Querfchnitt des Gitterftabes D_8 nach Gleichung 24. dafelbft mit

$$\frac{890}{1200} + \frac{1990}{720} + \frac{1195}{1800} = 4{,}2\,^{\text{qcm}}.$$

Es werden hier alfo thunlichft fchwache Flacheifenquerfchnitte auszuführen fein, welche in den Einzelheiten nach obigem Verfahren dimenfionirt werden. Die Gitterftäbe erhalten die in Fig. 602 eingetragenen Abmeffungen und Anfchlufsniete. Es find jedoch die Gitterftäbe nach der Trägermitte hin mehr und mehr zu ftark bemeffen, weil die theoretifchen Dimenfionen für die Herftellung zu gering ausfielen. Es mag hier noch befonders hervorgehoben werden, dafs die gedrückten Stäbe aus zwei Flacheifen mit Stehnieten die forgfältigfte Herftellung der Nietung verlangen. Es ift vorgekommen, dafs folche Glieder in Folge mangelhafter Bildung der Stehniete eingeknickt find, weil jedes Flacheifen für fich nachgab, und es wird daher vielfach auch dann vorgezogen, die gedrückten Stäbe aus je 2 Winkeleifen zu bilden, wenn der Flacheifenquerfchnitt theoretifch vollkommen genügt.

Da die gedrückten Gitterftäbe nicht direct auf den Knotenblechen liegen, fo müffen die in Fig. 602 durch verticale Schraffirung angedeuteten Füllbleche eingelegt werden.

Der Anfchlufs der Gitterftäbe an die Gurtungen kann nur in den feltenften Fällen mittels directer Vernietung der Theile erfolgen, weil die Gurtungen zur Anbringung der erforderlichen Nietzahl meift nicht den nöthigen Platz bieten. Es ift dann nöthig, wie hier in faft allen Knoten, Knotenbleche einzufetzen, an welche die Wandglieder mit den oben für zwei Fälle berechneten Nietzahlen angefchloffen werden, welche nun aber anderfeits mit den Gurtungen in ausreichende Verbindung gebracht werden müffen.

Die Knotenbleche übertragen auf die Gurtungen die Refultirende aus den an fie anfchliefsenden Paaren von Gitterftäben, und diefe Refultirenden find hier wegen der horizontalen Gurtungen horizontal; fie find ferner gleich der Summe der Vertical-Compenenten der Spannungen in den Gitterftäben, weil von den zwei an ein Knotenblech anfchliefsenden Stäben ftets einer gedrückt, einer gezogen wird und die Neigung beider 45 Grad beträgt.

Der obere Anfchlufs des Gitterftabes D_1 mufs im Knotenbleche drei um den Endknoten fymmetrifch geordnete Niete erhalten, weil diefes Knotenblech höchftens die Maximalfpannung von D_1 zu übertragen hat und diefe 3 Niete verlangte; gefetzt find 5 Niete.

Im Knotenpunkt $U_1\,U_2$ ift die gröfste Vertical-Componente von D_1 gleich der von D_2, alfo gleich 8350 kg; die Summe der Horizontal-Componenten hiernach $2 \cdot 8350 = 16700$ kg und die Zahl der zweifchnittigen Anfchlufsniete für $d > \delta$ nach Art. 206 (S. 142, Gleichung 85.) $n = \frac{16700}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 5$ Niete, von denen der mittelfte D_2 direct fafft, und von denen einer wegen der Collifion mit den Stäben von D_2 mit zwei ganz verfenkten Köpfen herzuftellen ift. Aus den Nietftellungen ergiebt fich dann Gröfse und Form des Knotenbleches (Fig. 602).

Im Knotenpunkte $O_1\,O_2$ wird die gröfste Kraft übertragen, wenn diefer Knotenpunkt nebft allen rechts davon liegenden voll belaftet ift. Die Vertical-Componente von D_2 ift dann 8350 kg, die von D_3 gleich $8350 - 2385 = 5965$ kg, fomit die Summe der Horizontal-Componenten $8350 + 5965 = 14315$ kg und die erforderliche Zahl der Anfchlufsniete des Knotenbleches an die Gurtung $\frac{14315}{2 \cdot 1{,}5 \cdot 1300} = 4$ Niete.

Im Knotenpunkte $U_2\,U_3$ haben beide anfchliefsenden Gitterftäbe D_3 und D_4 die gröfsten Vertical-Componenten, wenn der Knotenpunkt $O_2\,O_3$ nebft allen rechts davon liegenden mobil belaftet ift. In beiden ift die Vertical-Componente dann

$$\frac{7 \cdot 1125}{2} + 1260\,\frac{(6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1)\,100}{800} - 1125 = 6100\,^{\text{kg}};$$

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Literatur.

Bücher über »Eisen-Constructionen im Allgemeinen« und »Constructions-Elemente in Eisen«, so wie über »Bauschlosserei« und »Schmiedewerkskunde«.

ZIPPER, J. Anweisung zu Schlosserarbeiten. Augsburg 1795. — 3. Aufl.: Vollständiges Handbuch der Schlosser-Kunst etc. Herausg. v. C. HARTMANN. 1841.

GRANDPRÉ, M. J. *Manuel théorétique et pratique du serrurier etc.* Paris 1827. — Deutsch von J. G. PETRI. Ilmenau 1830. — 8. Aufl. von A. W. HERTEL. 1865.

KOSSO, J. Grundriss der Schlosserkunst etc. Weimar 1848. — 4. Aufl.: Die Arbeiten des Schlossers etc. 1876.

FAIRBAIRN, W. *On the application of caft and wrought iron to building purpofes.* London 1854. (4. Aufl. 1870). — Deutfch von D. BRAUNS. Braunfchweig 1859.

GUILLAUME. *Tableaux de la réfiftance des fers à double T etc.* Paris 1858.

COHEN, L. P. Tabellen zur Beftimmung der Dimenfionen gufseiferner Träger. Leipzig 1861.

GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raifonné de la fonte de fer dans les conftructions.* Paris 1861.

MONGÉ. *Conftructions en fer etc.* Paris 1861.

SHIELDS, F. W. *Strains on ftructures of ironwork etc.* London 1861. (2. Aufl. 1867). — Deutfch von B. BEHR. Berlin 1861.

FINK, F. Die Schule des Baufchloffers. Leipzig 1861. (3. Aufl. 1880.)

HÄNEL, A. Abhandlung über die Conftructionsverhältniffe eiferner Gitterbalken. Stuttgart 1864.

BRANDT, E. Lehrbuch der Eifen-Konftruktionen mit befonderer Anwendung auf den Hochbau. Berlin 1864. (3. Aufl. 1876.)

LAVEDAN, P. *Guide pratique de ferrurerie ufuelle et artiftique etc.* Paris 1867.

BOILEAU, L. A. *Le fer principal élement conftructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.

BARRÉ, L. A. *Éléments de charpenterie métallique.* Paris 1872.

LIGER, L. *La ferronnerie ancienne et moderne etc.* Bd. I u. II. Paris 1873 u. 1876.

DES BIARS, G. *De l'emploi du fer dans les conftructions. Planchers, poitrails et linteaux en fer laminé, fupports en piliers en fonte ou en fer forgé.* Paris 1874.

KLASEN, L. Handbuch der Hochbau-Conftructionen in Eifen. Leipzig 1876.

DEMONT. *Nouveau traité de ferrurerie, ou Vignole à l'ufage des ouvriers etc.* Paris 1876.

HEINZERLING, F. Der Eifenhochbau der Gegenwart. Aachen 1876—78.

JEEP, W. Die Verwendung des Eifens beim Hochbau. Leipzig 1876—79.

INTZE, O. Tabellen und Beifpiele für eine rationelle Verwendung des Eifens zu einfachen Baukonftruktionen. Berlin 1878.

LÜDICKE, A. Praktifches Handbuch für Kunft-, Bau- und Mafchinen-Schloffer. Weimar 1878.

CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des conftructions en fer.* Levallois-Perret 1878.

THIOLLET. *Serrurerie et fonte de fer.* Paris 1879.

LOEWE, F. Ueber Nietverbindungen. Erfter Bericht des Profeffor W. C. UNWIN an die Sub-Commiffion der *»Inftitution of Mechanical Engineers« etc.* Wien 1880.

BOILEAU, L. A. *Principes et exemples d'architecture ferronnière; les grandes conftructions édifitaires en fer; la halle-bafilique.* Paris 1880.

ZIMMERMANN, H. Ueber Eifenconftructionen und Walzprofile. Berlin 1881.

ZIMMERMANN, H. Trägheitsmomente, Widerftandsmomente und Gewichte genieteter Blechträger. Berlin 1881. (2. Aufl. 1885.)

FERRAND, J. *Le charpentier-ferrurier au XIXe fiècle. Conftructions en fer et en bois. Charpentes mixtes en fer, fonte et bois.* Paris 1881.

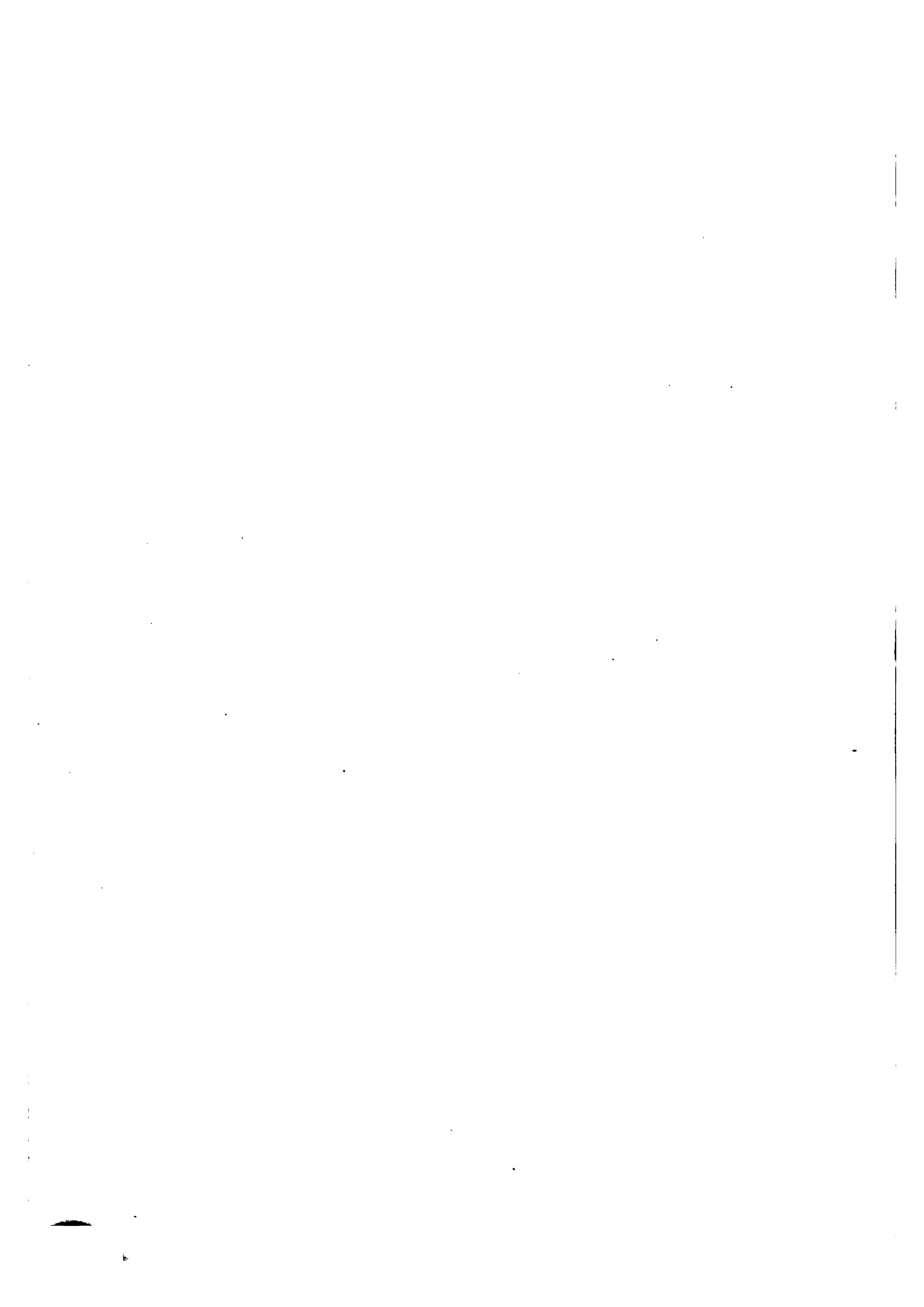
NOWAK, E. Der Metallbau. Leipzig 1882.

UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. I. Band. Leipzig 1883. S. 1.

KOULLE, H. Hülfstabellen für die Berechnung fchmiedeeiferner Stützen etc. Berlin 1884.

LAUTER, W. H. u. H. RITTER. Façoneifen und deren praktifche Verwendung. Frankfurt a. M. 1885.

L'architettura del ferro. Raccolta dei motivi per coftruzioni civile, ferroviarie et artiftiche. Mailand 1885.



DIE HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN.

ZWEITE ABTHEILUNG.

FUNDAMENTE.

Von Dr. Eduard Schmitt.

FUNDAMENTE.

1. Abfchnitt.

Fundament und Baugrund.

320. Vor-bemerkungen.

Der unterfte Theil eines Bauwerkes, welcher den von letzterem ausgeübten Druck unmittelbar auf den darunter liegenden natürlichen Erdboden — den Baugrund — zu übertragen hat, wird Fundament genannt, und die Conftruction des Fundamentes heifst Fundirung oder Gründung.

Die untere Begrenzung eines Fundamentes ift durch die eben gegebene Begriffsbeftimmung genau gegeben; nicht fo genau läfft fich die obere Begrenzung deffelben feft fetzen. Bei unterkellerten Gebäuden hört in der Regel das Fundament mit der Oberkante jenes Fundament-Abfatzes auf, der in der Höhe der Kellerfohle, bezw. der Unterkante des Kellerpflafters gelegen ift. Bei nur theilweife oder gar nicht unterkellerten Bauwerken läfft fich im Allgemeinen keine fo beftimmte Angabe machen; bei Bauwerken ohne unterirdifche Räume begrenzt man das Fundament am beften durch den unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen Fundament-Abfatz.

Die Betrachtung der Fundamente foll in der Weife eingetheilt werden, dafs zunächft der Baugrund zur Befprechung kommt, hierauf die Grundfätze, die bei Conftruction und Ausführung der Fundamente zu beobachten find, erörtert und fchliefslich die wichtigeren Fundirungsmethoden vorgeführt werden.

Während im übrigen Hochbau-Conftructionswefen in den letzten 20 bis 30 Jahren wefentliche und erfreuliche Fortfchritte gemacht worden find, ift folches auf dem Gebiete der Gründungen nur in verhältnifsmäfsig geringem Mafse zuzugeben. Es ift diefe Erfcheinung um fo auffälliger, als im Bereich des neueren Ingenieur-Bauwefens der Grundbau eine hervorragende Stellung einnimmt. Vielleicht kann neben dem eigentlichen Zwecke der nachfolgenden Betrachtung auch noch erreicht werden, dafs einige veralteten Fundament-Conftructionen verlaffen werden und andere neueren, bisher nur wenig ausgeführten Gründungen eine häufigere Anwendung finden.

Literatur

über »Fundamente im Allgemeinen«.

HAGEN, G. Handbuch der Wafferbaukunft. 1. Theil, 2. Band: Fundirungen. Berlin 1841. (3. Aufl. 1870).

De quelques procédés employés par les anciens dans la fondation de leurs édifices. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 174, 230.

MÜLLER, H. Ueber Fundamentirungen. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1855, S. 121.

SCHÄFFER. Allgemeine Ueberficht der Fundirungen mit befonderer Berückfichtigung der Anwendung des Eifens im Grundbau. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1860, S. 17, 123.

Allgemeine Ueberficht der Fundirungen mit befonderer Berückfichtigung der Anwendung des Eifens HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1862, S. 172.

SCHWARZ, F. Der Grundbau. Berlin 1865.

CHIOLICH-LÖWENSBERG, H. v. Anleitung zum Wafferbau. 3. Abth. Entwäfferungen und Bewäfferungen, Kanal- und Kammerfchleufenbau, Fundirungen, Seebau. Stuttgart 1865. S. 100.

FOY, J. *Étude générale sur les fondations. Nouv. annales de la conft.* 1865, S. 168, 174; 1866, S. 4.

MENZEL, C. A. Die Gründungsarten der Gebäude und die Behandlung des Baugrundes. Herausg. u. verb. von C. SCHWATLO. Halle 1866.
KNAPP's grofses Vorlagewerk aus dem Gefammtgebiete der Bau-, Ingenieur-Wiffenfchaft und Gewerbskunde. Heft. I: Gründungen. Halle 1871.
MENZEL, C. A. u. J. PROMNITZ. Die Gründung der Gebäude. Halle 1873.
MORANDIÈRE. *Traité de la conftruction des ponts et viaducs en pierre, en charpente et en métal. 1er fasc.* Paris 1874. S. 57.
FRAUENHOLZ, W. Bau-Conftructions-Lehre für Ingenieure. 3. Band. Eifen- und Fundations-Conftructionen. München 1877. S. 275.
KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden im Hochbau, Brückenbau und Wafferbau. Leipzig 1879.
FELDEGG, E. v. Allgemeine Conftructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von R. BAUMEISTER. Carlsruhe 1879. II. Theil: Fundirungen.
POWELL, G. T. *Foundations and foundation walls for all claffes of buildings.* New-York 1879.
Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. Herausg. von E. HEUSINGER v. WALDEGG, L. FRANZIUS u. E. SONNE. 1. Band. Leipzig 1880. S. 695: Grundbau. (2. Aufl. 1884. S. 281.)
DOBSON, E. *Foundations and concrete works.* London 1850. (5. Aufl. 1881.)
DEBAUVE, A. *Procédés et matériaux de conftruction. Tome II: Fondations.* Paris 1865.

---

1. Kapitel.

Baugrund.

a) Befchaffenheit des Baugrundes.

321.
Technifche Anforderungen.

Die Befchaffenheit oder Qualität des Baugrundes ift in erfter Reihe vom technifchen Standpunkte aus zu beurtheilen. Bei folchen Bauwerken, welche zum Aufenthalt von Menfchen und Thieren dienen follen, treten zu den rein technifchen auch noch gefundheitliche Anforderungen hinzu.

Die technifche Beurtheilung eines Baugrundes bezieht fich hauptfächlich auf fein Verhalten gegen den vom Fundamente ausgeübten Druck. Die verfchiedenen Bodenarten zeigen in diefer Beziehung eine nicht geringe Mannigfaltigkeit, und es find für die hierdurch bedingte Befchaffenheit des Baugrundes insbefondere die nachftehenden Factoren mafsgebend.

322.
Feftigkeit.

1) Die Befchaffenheit des Baugrundes hängt in erfter Reihe von feiner Feftigkeit ab, d. i. von feiner Widerftandsfähigkeit gegen den vom Bauwerk ausgeübten Normaldruck. In Bezug auf diefe Eigenfchaft der verfchiedenen Bodenarten unterfcheidet man prefsbaren und unprefsbaren Baugrund. Zu letzterem gehören alle Bodenarten, welche diefelbe oder eine gröfsere Druckfeftigkeit, wie das Fundament-Mauerwerk befitzen; alle übrigen Bodenarten werden als prefsbare bezeichnet.

Zum unprefsbaren Baugrund gehören die maffigen Felsarten (Bafalt, Granit, Syenit, Porphyr, harter Kalk- und Sandftein etc.), ferner gefchichtete Felsarten, in denen fich keine Rutfchflächen bilden können, und ganz fefte Gefchiebeablagerungen (von mindeftens 4 bis 6 m Mächtigkeit), welche auf anderen guten Bodenfchichten aufruhen. Bei den prefsbaren Bodenarten ift das gegenfeitige Verhältnifs zwifchen dem vom Bauwerk ausgeübten Normaldruck und dem Mafs der Prefsbarkeit entfcheidend für die Befchaffenheit des Baugrundes. Ueber die Grenzen, welche in diefer Richtung noch zuläffig find, bezw. welche einen Baugrund als überhaupt noch brauchbar erfcheinen laffen, wird fpäter die Rede fein.

323.
Mächtigkeit der Schichten.

2) Die Befchaffenheit des Baugrundes ift nicht allein durch feine Druckfeftigkeit, fondern auch durch die Mächtigkeit der betreffenden Bodenfchicht bedingt. Ein fonft guter Baugrund, der in geringer Mächtigkeit auf einer lockeren Bodenfchicht lagert, ift in Folge deffen auch fchlecht; eben fo wird eine weniger gute Bodenart dadurch, dafs fie in dünner Lage auf einer ganz feften Schicht aufruht, etwas beffer.

Hat die tragfähige Schicht eine genügende Mächtigkeit, ruht fie aber auf einer weicheren Schicht auf, fo mufs man bei Ausführung des Fundamentes die erftere möglichft wenig fchwächen, d. h. man mufs das Fundament thunlichft wenig in die tragfähige Schicht verfenken. Hat man z. B. unter dem zu errichtenden Gebäude Kellerräume anzulegen, fo ift man allerdings genöthigt, von der tragfähigen Schicht fo viel abzugraben, als es die gewünfchte Kellertiefe erfordert. Bei geringer Mächtigkeit diefer Schicht jedoch kann es unter Umftänden geboten fein, die Keller fo hoch als irgend thunlich zu legen, d. h. diefelben möglichft hoch aus der Erde herauszubauen.

324. Neigung der Schichten.

3) Auf die Befchaffenheit des Baugrundes ift auch von Einflufs, welche Neigung die betreffenden Bodenfchichten haben. Je mehr durch die vorliegenden Neigungsverhältniffe ein Abgleiten einzelner Schichten begünftigt werden kann, defto mehr verliert der fragliche Baugrund an Güte.

325. Waffer.

4) Durch das Waffer, welches bald als Grundwaffer, bald als offenes ftehendes, als fliefsendes oder als wellenfchlagendes Waffer auftritt, ift die Befchaffenheit des Baugrundes gleichfalls in erheblicher Weife bedingt. Vom Einfluffe des Waffers, der in einem Erweichen des Bodenmaterials, in einem Auswafchen deffelben etc. beftehen kann, wird noch eingehend gefprochen werden. An diefer Stelle foll nur hervorgehoben werden, dafs Bodenarten, die fonft einen ganz geeigneten Baugrund abgeben würden, durch die Gegenwart von Waffer unbrauchbar werden können.

326. Veränderungen.

5) Für die Befchaffenheit des Baugrundes ift endlich noch von Wichtigkeit, ob nachtheilige Veränderungen deffelben zu erwarten ftehen oder ob auf folche Rückficht genommen werden mufs. Indem auch betreff diefes Gegenftandes auf fpätere Betrachtungen verwiefen wird, fei hier nur bemerkt, dafs mit derartigen Veränderungen in den betreffenden Bodenfchichten auch eine Aenderung in deren Befchaffenheit als Baugrund eintritt.

327. Eintheilung und Verfchiedenheit.

Aus dem Gefagten geht hervor, dafs die Befchaffenheit eines Baugrundes, in fo weit fie vom technifchen Standpunkte aus zu beurtheilen ift, durch eine nicht geringe Zahl von Factoren beeinflufst wird, und dafs es forgfältiger Vorerhebungen und Bodenunterfuchungen bedarf, bevor man die Befchaffenheit des Baugrundes in genügender Weife beurtheilen kann. Obwohl fich folche Unterfuchungen mit grofser Genauigkeit durchführen laffen, fehlt es doch häufig an einem ficheren Mafsftabe zur genauen Schätzung der Tragfähigkeit des Baugrundes. Man ift defshalb veranlafft, die verfchiedenen Bodenarten zu claffificiren und fich dadurch allgemeine Anhaltspunkte für die fog. Güte des Baugrundes zu verfchaffen.

Mit Rückficht auf die letztere Bezeichnung kann man den unprefsbaren Baugrund auch als fehr guten Baugrund bezeichnen und den prefsbaren Baugrund in nachftehender Weife untertheilen:

1) Guter Baugrund, der fich nur in geringem Mafse zufammenpreffen läfft, wie grober und feft gelagerter Kies (von mindeftens 2 bis 3 m Mächtigkeit), Gerölle (von gleicher Mächtigkeit), fefter Mergel, zerklüfteter Felfen etc., ferner, wenn kein Erweichen durch das Waffer ftattfinden kann, fefter Lehm und Thon, fo wie alle Mifchungen von Sand und Thon (in Schichten von mindeftens 2 bis 3 m Mächtigkeit).

2) Ziemlich guter Baugrund, der zwar prefsbarer als der gute Baugrund ift, deffen Nachgiebigkeit jedoch für den Beftand des Bauwerkes meift unfchädlich ift, wie fefter Lehm und grober Sand, erfterer jedoch nur, wenn er vom Waffer nicht erweicht werden kann, letzterer nur, wenn er feft gelagert ift, keine thonigen und humofen Theile enthält und wenn er nicht künftlich (durch Wafferfchöpfen) oder natürlich (durch Aufheben des Gleichgewichtes im Waffer) in Triebfand verwandelt werden kann [134].

[134]) Aller Sand kann Triebfand werden, der feine am leichteften.

3) Schlechter Baugrund, d. i. folcher Boden, der zwar nicht knetbar ift, aber jedem etwas ftärkeren Drucke nachgiebt, dabei zum Theile feitlich ausweicht, wie feiner Sand, naffer Lehm und Thon, Damm- und andere vegetabilifche Erde, aufgefüllter Boden etc.

Vegetabilifche Erden und aufgefüllter Boden bilden nicht nur ihrer grofsen Prefsbarkeit halber einen fchlechten Baugrund, fondern auch wegen ihres bedeutenden Gehaltes an mineralifchen und organifchen Subftanzen, welche das Mauerwerk in fchädlicher Weife beeinfluffen. Zu den erfteren gehören insbefondere die Chlorfalze, zu letzteren ftickftoffhaltige Beimengungen, welche durch die Bodenfeuchtigkeit in Verwefung gerathen und die Bildung des fog. Mauerfrafses veranlaffen. Insbefondere ift der Grund und Boden unferer Städte häufig durch eingefickerte Fäcal-Flüffigkeit ganz verdorben.

4) Sehr fchlechter Baugrund oder ganz weicher, meift knetbarer Boden, der feitlich ausweicht, fobald er belaftet wird, wie Torf, Moorboden, Humus, Flugfand, Triebfand etc.

328. Allgemeine Verhältniffe.

Nur in fehr feltenen Fällen bildet die oberfte Erdfchicht einen brauchbaren Baugrund; nur vollftändig froft- und witterungsbeftändiger Felfen gehört hierzu. Sonft hat man es entweder mit einer fo lockeren Bodenart zu thun, dafs ein Bauwerk überhaupt nicht darauf gefetzt werden kann; oder es liegt eine feftere Schicht zu Tage, die jedoch durch Froft und andere atmofphärifche Einflüffe gelockert wird und defshalb auch nicht als Baugrund verwendet werden kann.

Auf dem flachen Lande ift es häufig die fog. Mutter- und Ackererde, welche die oberfte Erdfchicht bildet und die unter allen Umftänden als Baugrund ungeeignet ift, nicht nur weil fie zu weich ift, fondern auch aus dem Grunde, weil fie in Folge ihres ftarken Humus-Gehaltes leicht Anlafs zur Schwammzüchtung giebt. In Städten findet man häufig aufgefüllten Schutt, auf den ein Bauwerk gleichfalls nicht gefetzt werden kann.

Findet man an der Bauftelle fchlechte oder fehr fchlechte Bodenarten, fo verfährt man, fobald dies möglich ift, am beften in der Weife, dafs man die lockeren Bodenfchichten abgräbt, bis man auf eine tragfähige Schicht gelangt; in der fo gebildeten Baugrube kann alsdann das Fundament unmittelbar ausgeführt werden. Ift diefes Verfahren nicht zuläffig, fo mufs durch entfprechende Conftruction und Ausführung des Fundamentes felbft dem Bauwerk die erforderliche Standfeftigkeit verliehen werden; bisweilen kann fchlechter Baugrund auch verbeffert werden, wovon noch unter c die Rede fein wird.

Auf ziemlich guten Baugrund können Gebäude ohne Weiteres gefetzt werden, wenn fie einen verhältnifsmäfsig nur kleinen Druck ausüben und wenn ein geringes Setzen des Gebäudes für deffen Beftand unfchädlich ift. Sonft mufs man den Baugrund künftlich zu befeftigen fuchen.

Der gute Baugrund ift im Stande, die meiften vorkommenden Bauwerke mit Sicherheit zu tragen; bei fehr gutem Baugrund ift die Grenze der Tragfähigkeit noch niemals erreicht worden.

329. Gefundheitliche Anforderungen.

Zu den technifchen Bedingungen, welche ein »guter« Baugrund zu erfüllen hat, treten bei zum Bewohnen beftimmten Gebäuden noch die Anforderungen der Hygiene hinzu. Diefe beziehen fich im Wefentlichen darauf, dafs die von Menfchen und Thieren zu benutzenden Räume durch den Baugrund nicht »feucht« gemacht werden follen und dafs der Baugrund an diefe Räume auch keine gefundheitsfchädlichen, von der Verwefung organifcher Stoffe hauptfächlich herrührenden Gafe abgeben darf[135]).

---

135) Die Gasmenge, welche die obere Bodenfchicht enthält, oder was das Gleiche ift, die Gafe, welche die Poren diefer Schicht durchfetzen, heifsen Grundluft oder Bodenluft; diefelbe befindet fich faft unausgefetzt in einem Zuftande langfamer Bewegung, hervorgerufen durch die Temperaturfchwankungen im Erdboden, durch den einfickernden Regen, durch Luftdruckänderungen etc. Die Grundluft ift weder in ihrer Menge, noch in ihrer Zufammenfetzung unveränderlich; die erftere ift hauptfächlich vom Feuchtigkeitsgehalt des Bodens abhängig, letztere insbefondere von der urfprünglichen Befchaffenheit des letzteren und von der Befchaffenheit jener Stoffe, welche ihm durch Luftwechfel, atmofphärifche Niederfchläge oder aus befonderen Quellen der Verunreinigung (Abortgruben, Unrathscanäle, Kehricht- und Düngergruben etc.) zugeführt werden. (Siehe: PETTENKOFER, M. v. Der Boden und fein Zufammenhang mit der Gefundheit des Menfchen. Berlin 1882.)

In unferen Städten ift es hauptfächlich das Grundwaffer, welches Kellerwohnungen und andere unterirdifche Räume feucht macht, und im Wefentlichen ift es der Inhalt von Abortgruben, Unrathscanälen, Stall- und Kehrichtgruben, welcher bei fchlechter Conftruction diefer Anlagen in den umgebenden Boden fickert und denfelben dadurch verpeftet. Auf dem flachen Lande treten diefe Uebelftände in Folge der dafelbft herrfchenden Bauweife weniger ftark auf; dort ift namentlich der fumpfige Boden, welchem die bekannten fchädlichen Sumpfgafe ihre Entftehung verdanken, nachtheilig. (Siehe auch Theil III, Band 4 u. 5 diefes »Handbuches«, S. 1 u. ff.)

Ohne den Werth und die Bedeutung diefer gefundheitlichen Anforderungen zu verkennen, haben diefelben für den Architekten, fobald er die Befchaffenheit eines Baugrundes als gut oder fchlecht zu bezeichnen hat, doch im Allgemeinen nur einen akademifchen Charakter. In unferen Städten und auch an anderen Orten ift die Bauftelle in der Regel fo fcharf oder doch innerhalb fo enger Grenzen gegeben, dafs das Gebäude, unbekümmert ob der Baugrund in gefundheitlicher Beziehung entfpricht oder nicht, dafelbft ausgeführt werden mufs. Die Hauptaufgabe des Architekten befteht alsdann nur darin, durch zweckmäfsige Conftruction der Fundamente des Gebäudes und feiner fonftigen Theile den gefundheitsfchädlichen Einflufs des Baugrundes möglichft unwirkfam zu machen [136]).

Gegen das Eindringen der Grundluft in die Kellerräume fichert eine unter dem ganzen Gebäude durchgeführte Beton-Schicht; eine Lage von fettem Thon ift nicht fo wirkfam. Soll auch die das Gebäude umgebende Bodenfchicht keine Grundluft an daffelbe abgeben, fo mufs man die Kellermauern nach aufsen frei legen, was durch Anordnung eines ringsum laufenden Luft- oder Ifolirgrabens [137]) erreicht wird.

Durchgehende Beton-Schicht fowohl, als auch Luftgräben dienen gleichfalls dazu, um die Bodenfeuchtigkeit vom Gebäude abzuhalten. Von anderen Mitteln, das Eindringen von Grundwaffer in die Kellerräume und das Feuchtwerden des Mauerwerkes etc. zu verhüten, wird noch fpäter die Rede fein.

b) Unterfuchung des Baugrundes.

330. Allgemeines.

Da von der Befchaffenheit des Baugrundes zum grofsen Theile die Conftruction und Ausführung der Fundamente abhängt, da ferner der Beftand eines Bauwerkes wefentlich durch die richtige Gründung deffelben bedingt ift, erfcheint es von grofser Wichtigkeit, von vornherein die Bodenbefchaffenheit der in Ausficht genommenen Bauftelle genau zu kennen. In manchen Fällen liegen in diefer Beziehung bereits die nöthigen Erfahrungen vor, indem z. B. in der unmittelbaren Nähe der Bauftelle bereits Gründungen ausgeführt worden find, oder es find die geologifchen Verhältniffe fo einfach und untrüglich, dafs fie einen zuverläffigen Anhaltspunkt gewähren; alsdann find befondere Vorarbeiten, welche eine eingehende Ermittelung der Bodenbefchaffenheit bezwecken, nicht erforderlich.

Sobald jedoch folche Anhaltspunkte nicht vorliegen, find befondere Bodenunterfuchungen vorzunehmen; diefelben follten in folchen Fällen niemals unterlaffen und ftets auf das Sorgfältigfte vorgenommen werden. Nur auf Grundlage der genaueften Unterfuchungen diefer Art läfft fich die richtige Fundirungs-Methode wählen, und nur in folcher Weife laffen fich fpätere Reconftructions-Arbeiten, welche ftets fehr zeitraubend und koftfpielig find, vermeiden; unter Umftänden kann blofs auf diefem Wege dem baldigen Verfall eines Bauwerkes vorgebeugt werden.

Die Unterfuchung des Baugrundes hat die Bodenforten feft zu ftellen, welche auf der Bauftelle vorhanden find; hierbei genügt es nicht, blofs die Aufeinanderfolge

Die Grundluft ftrömt durch den Boden der Kellerräume in das Innere der Gebäude ein; das Emporfteigen derfelben wird fchon durch die Gleichgewichtsftörungen befördert, denen die Innenluft durch das Oeffnen von Thüren und Fenftern, durch die Verfchiedenheit in der Temperatur der einzelnen Innenräume etc. unterworfen ift, am meiften aber durch die Einrichtungen für Heizung und Lüftung des Gebäudes, fo wie durch die fonft vorhandenen Feuerftellen, Schornfteine etc.

136) Vergl. HASELBERG, E. v. Ueber den Baugrund der Wohnhäufer. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1870, S. 35.

137) Siehe auch Theil III, Band 2 (Abth. III, Abfchn. 1, A. Kap. über »Schutz gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüffe«), fo wie Theil III, Band 5 diefes »Handbuches« (Art. 149).

der verfchiedenen Bodenfchichten zu ermitteln; fondern es mufs auch deren Mächtigkeit und Neigung feft geftellt werden. Es genügt ferner auf einer ausgedehnteren Bauftelle nicht, nur zu unterfuchen, wie die Bodenfchichten über einander wechfeln; vielmehr mufs auch ermittelt werden, ob nicht neben einander gelegene Theile des Baugrundes gleichfalls von wechfelnder Befchaffenheit find. Es kommt auf gröfseren Bauplätzen nicht felten vor, dafs einzelne Stellen ganz feften, die zunächft liegenden aber fchlechten Boden zeigen. Man hat defshalb auf etwas ausgedehnteren Bauftellen die Bodenunterfuchung an mehreren Punkten vorzunehmen; man hat diefelbe insbefondere an folchen Punkten auszuführen, wo fpäter die gröfste Belaftung ftattfinden wird, alfo z. B. an den Gebäudeecken, an Stellen, wo ftark belaftete Freiftützen, fchwere Mafchinen etc. zu ftehen kommen.

Bisweilen müffen die Bodenunterfuchungen auch auf die Umgebung der Bauftelle ausgedehnt werden; es wird dies insbefondere dann erforderlich, wenn nachtheilige Veränderungen des Baugrundes durch Waffer, Rutfchungen etc. nicht ausgefchloffen find.

Zu den Bodenunterfuchungen gehört in gewiffem Sinne auch die Ermittelung der Grundwafferverhältniffe; die Kenntnifs des höchften Grundwafferfpiegels ift hauptfächlich für die Ausführung, die Kenntnifs des niedrigften Grundwafferfpiegels häufig für die Conftruction des Fundamentes mafsgebend. In gleicher Weife ift bei Bauwerken an den Ufern der Flüffe, Seen etc., eben fo bei Bauwerken, welche in folchen Gewäffern zu errichten find, die Kenntnifs der höchften, mittleren und niedrigften Wafferftände von Wichtigkeit.

Die Tiefe, auf welche im Hochbauwefen Bodenunterfuchungen vorgenommen werden, ift in der Regel keine bedeutende; man wird in diefer Beziehung nur felten bis 10 m gehen und nur ausnahmsweife die Unterfuchungen auf noch gröfsere Tiefen ausdehnen; doch dürfte man auch dann nicht leicht über 20 m gehen.

Man kennt fünf Methoden der Bodenunterfuchung, nämlich: das Aufgraben des Bodens, die Unterfuchung mit dem Sondireifen, das Einfchlagen von Probepfählen, die Anlage von Bohrlöchern und die Probebelaftungen.

331. Aufgraben des Bodens.

1) Aufgraben des Bodens. Diefes ift die ficherfte und befte Methode der Bodenunterfuchung. Indem man auf der Bauftelle an verfchiedenen, paffend gewählten Punkten Vertiefungen ausgräbt, hat man die Lage und Befchaffenheit der Bodenfchichten, fo wie deren Mächtigkeit deutlich vor Augen. Die Anwendung diefes Verfahrens ift einerfeits durch die hohen Koften, andererfeits durch das etwaige Vorhandenfein von Waffer befchränkt. Durch das in letzterem Falle nothwendige Wafferfchöpfen werden nicht nur die Koften erhöht; es wird bei manchen Bodenarten (Kies, Sand etc.) dadurch auch die Befchaffenheit derfelben geändert.

Bei geringerer Tiefe werden einzelne Gruben mit möglichft fteilen Wandungen ausgehoben; bei gröfserer Tiefe ift man genöthigt, in bergmännifcher Weife fog. Probe- oder Verfuchsfchächte abzuteufen, nöthigenfalls auszubauen. Die Gruben müffen eine folche Sohle erhalten, dafs ein bis zwei Arbeiter fich darin bewegen können; die Schächte erfordern in der Regel eine gröfsere Grundfläche, weil in denfelben auch noch Vorrichtungen zur Emporfchaffung des ausgegrabenen Bodenmaterials angebracht werden müffen.

332. Sondiren.

2) Sondiren[138]). Das Sondir- oder Vifitireifen, auch Sondirnadel genannt, ift eine Eifenftange von 2,0 bis 3,5 m Länge und 25 bis 45 mm Dicke, welche unten mit einer langen Spitze verfehen ift und in den Boden eingeftofsen, eingedreht oder eingerammt wird. Unten, nahe an der Spitze, ift eine Vertiefung angebracht, die mit Talg ausgefüllt wird; am oberen Ende ift das Eifen behufs Handhabung mit einem Knopf (Fig. 603), einem Bügel (Fig. 605) oder einem Drehhebel (Fig. 604) verfehen. Bei gröfserer Tiefe fetzt man das Sondireifen aus zwei oder drei Stücken zufammen, die mit einander verfchraubt werden (Fig. 605).

[138]) Unter Sondirungen verfteht man häufig nicht nur Bodenunterfuchungen mit dem Sondir- oder Vifitireifen, fondern jede Art von Bodenunterfuchung.

Aus dem geringeren oder gröfseren Widerftand beim Eindringen des Sondireifens in den Boden, ferner aus dem Gefühle beim Hineinftofsen desfelben, endlich aus den Bodentheilchen, die nach dem Herausziehen des Eifens daran hängen, kann man, bei einiger Erfahrung und Uebung, auf die Befchaffenheit der durchftofsenen Bodenfchichten fchliefsen.

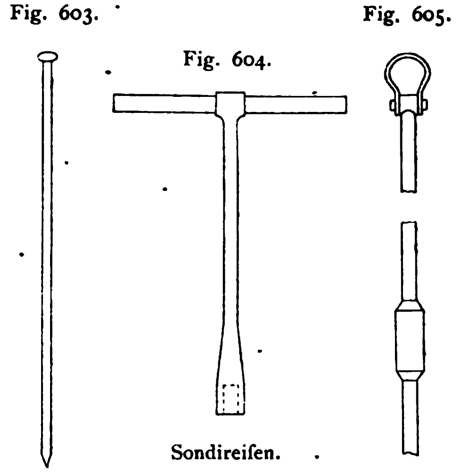


Fig. 603. Fig. 604. Fig. 605.

Sondireifen.

Stöfst man das Eifen in den Boden und fährt es dabei tief hinein, fo ift der Baugrund fehr weich; wenn es jedoch nur wenig eindringt, fo ift er feft. Knirfcht das Eifen beim Eindringen, fo hat es fandigen Boden erreicht. Dreht man das Eifen und ftöfst man mit dem Kopfe desfelben gegen das Erdreich, fo giebt auch der hierbei erzeugte Ton einigen Auffchlufs; ein heller Ton deutet auf fefte Bodenfchichten; ein dumpfer Ton läfft darauf fchliefsen, dafs das Eifen entweder fchon auf weiche Schichten geftofsen oder doch die nächft tiefere Schicht weich ift.

Die Bodenunterfuchung mit dem Sondireifen wird in vielen Fällen als einziges Unterfuchungsverfahren benutzt; fie kann aber auch mit grofsem Vortheil Verwendung finden, wenn man bereits durch Aufgraben eine fefte Bodenfchicht gefunden hat und fich von der Mächtigkeit derfelben, bezw. von der Befchaffenheit der tiefer liegenden Schichten überzeugen will. Das Sondiren kann auch dann ausgeführt werden, wenn der zu unterfuchende Baugrund unter Waffer fteht. Man benutzt für diefen Fall wohl auch Sondirnadeln, die in verfchiedenen Höhen mit fog. Tafchen verfehen find, d. i. mit Oeffnungen, welche durch die ganze Dicke des Eifens hindurchgehen und die fich mit den Erdtheilchen der durchftofsenen Schichten anfüllen.

333. Einfchlagen von Probepfählen.

3) Einfchlagen von Probepfählen. Diefe Methode ift nur eine etwas abgeänderte Anwendung des Sondireifens. Aus dem langfamen oder fchnellen Eindringen des Pfahles bei einer gewiffen Anzahl von Rammfchlägen, bei einem beftimmten Gewicht und einer beftimmten Fallhöhe des Rammbären, urtheilt man über die Feftigkeit des Baugrundes. Man wendet diefes Verfahren namentlich dann an, wenn man glaubt annehmen zu dürfen, dafs eine Pfahlgründung nothwendig werden wird; man erfährt alsdann, wie lang die anzuwendenden Pfähle fein müffen, welches Gewicht der Rammbär, wie grofs feine Fallhöhe etc. fein mufs.

334. Erdbohrungen.

4) Erdbohrungen. Bodenunterfuchungen, welche durch Anlage von Bohrlöchern vorgenommen werden, geftatten die gröfste Tiefe. Sie kommen defshalb namentlich dann zur Anwendung, wenn es auf eine genaue Kenntnifs der Befchaffenheit der einzelnen Schichten ankommt, und wenn die Unterfuchung auf eine gröfsere Tiefe ausgedehnt werden foll.

Die Bohrlöcher, die mittels der fog. Erdbohrer ausgeführt werden, erhalten 7 bis 15 cm Weite und überfteigen, wie fchon angedeutet wurde, für die vorliegenden Zwecke felten 20 m Tiefe [139]).

Mit Hilfe des Bohrers oder mittels anderer Hebevorrichtungen holt man aus dem Bohrloch das gelöste Bodenmaterial hervor und lernt hierdurch, fo wie durch die erreichte Bohrlochtiefe die Bodenbefchaffenheit kennen.

Bei der Ausführung der Bohrarbeit ift entweder eine drehende oder eine ftofsende,

[139]) Für andere Zwecke, wie z. B. für artefifche Brunnen, bergmännifche Zwecke etc., werden viel weitere (50 cm und darüber) Bohrlöcher angewendet und fehr bedeutende Tiefen (1200 m und mehr) erreicht.

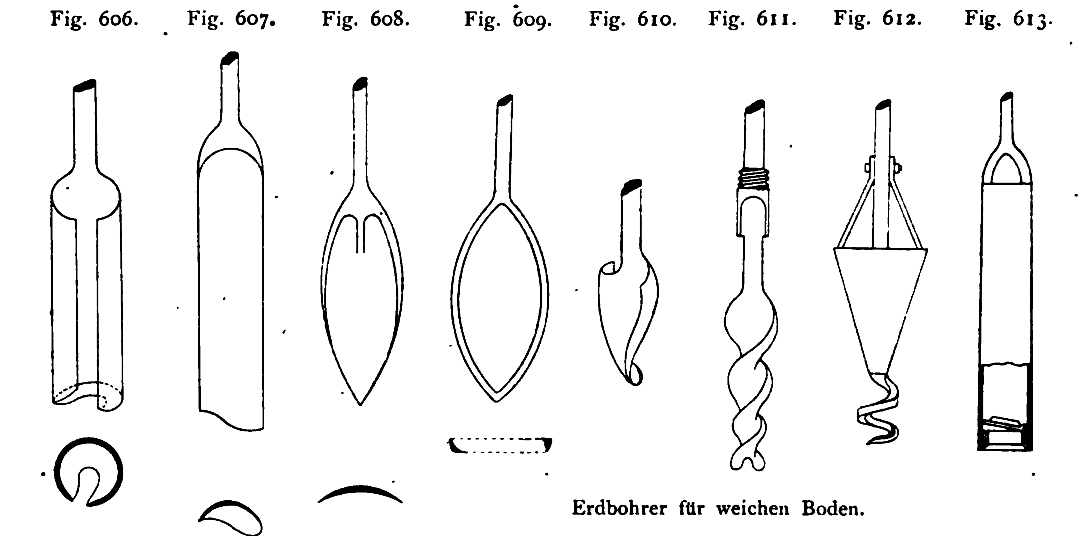
bezw. frei fallende Bewegung des Bohrers erforderlich. Die drehende Bewegung erfordert immer ein ſteifes und ſtarkes Geſtänge; für die ſtoſsende und frei fallende Bewegung genügt ein ſchwächeres Geſtänge, welches auch durch ein Seil erſetzt werden kann. Das Freifallbohren kommt nur bei gröſseren Bohrlochtiefen in Frage, wird deſshalb im Nachſtehenden nicht weiter berückſichtigt werden.

Die Erdbohrtechnik hat ſich in ſo mannigfaltiger Geſtalt entwickelt und eine ſo groſse Bedeutung im Bergbau und im Bauweſen erreicht, daſs ſie ſich zu einem ſelbſtändigen Fache ausgebildet hat. Im vorliegenden »Handbuch« können nur einige Grundzüge derſelben wiedergegeben werden; im Uebrigen muſs auf die einſchlägige Literatur [140]) verwieſen werden.

335. Drehbohren in weichem Boden.

α) Drehbohren in weichem Boden. Für weichere und lockere Bodenarten werden meiſt Bohrer verwendet, welche eine cylindriſche, ſchaufelförmige oder löffel-

Fig. 606. Fig. 607. Fig. 608. Fig. 609. Fig. 610. Fig. 611. Fig. 612. Fig. 613.



Erdbohrer für weichen Boden.

Fig. 614.

artige Geſtalt haben; ſeltener kommen becherförmige, pumpenartige und anders geſtaltete Bohrer zur Benutzung. Ihr Durchmeſſer beträgt 10 bis 15 cm.

Der Schaufelbohrer (Fig. 606 u. 607) beſteht aus einem hohlen, ſeitlich aufgeſchlitzten Cylinder, der, je nach dem Zuſammenhange der zu erbohrenden Bodenart, mehr oder weniger geſchloſſen iſt und deſſen Boden, bezw. deſſen Unterkante ſchraubenartig geſtaltet iſt. Der Bohrlöffel (Fig. 608 u. 609) hat eine löffelförmige Geſtalt und wird in fettem Boden verwendet, aus welchem er beim Drehen dünne Schalen abſchneidet. Aehnlich, jedoch vortheilhafter wirkt der Schneckenbohrer (Fig. 610), iſt aber ſchwerer herzuſtellen. Der mit ſteileren oder flacheren Schraubenwindungen verſehene Schlangenbohrer (Fig. 611) wird nach dem Eindrehen lothrecht empor gehoben, wobei er etwas Bodenmaterial mitnimmt. Iſt in naſſem Sande zu bohren, ſo verwendet man entweder den nach Fig. 613 geſtalteten Sandlöffel oder aber Sandpumpen, welche eben ſo wie die gewöhnlichen Kolbenpumpen eingerichtet ſind; ſeltener kommt der Sandbecher (Fig. 612), in welchen der erbohrte, naſſe Sand von oben hineinſtürzt, und die Sandſchraube (Fig. 614) zur Anwendung.

140) FROMMAN, C. W. Die Bohrmethode der Chineſen oder das Seilbohren. Coblenz 1835.
KIND, C. G. Anleitung zum Abteufen der Bohrlöcher. Luxemburg 1842.
ROST, G. H. A. Deutſche Bergbohrer-Schule. Thorn 1843.
BEER, A. H. Erdbohrkunde. Prag 1858.
DEGOUSSÉE, M. ET CH. LAURENT. *Guide du ſondeur ou traité théorétique et pratique des ſondages. 2e édit.* Paris 1861.

Das Geſtänge beſteht meiſt aus im Querſchnitt quadratiſchen Stangen von geſchmiedetem Eiſen, die nur ſelten über 6 m Länge erhalten; die einzelnen Stangen werden durch Verſchraubung oder mittels Schwalbenſchwänze mit einander verbunden. Man hat aber auch hölzerne Geſtänge und ſolche aus gezogenen Eiſenrohren angewendet.

Das Drehen des Geſtänges geſchieht in der Regel durch einen hölzernen oder eiſernen Drehhebel, der am oberſten Stück des Geſtänges mittels Schrauben oder Keile befeſtigt wird.

In lockerem Boden müſſen die Bohrlochwandungen durch Ausfütterung gegen das Zuſammenſtürzen geſichert werden. In demſelben Maſse, als das Bohrloch vorwärts ſchreitet, treibt man ſog. Futterrohre (durch Einrammen oder durch todten Druck) ein. Dies ſind bisweilen hölzerne gebohrte Rohre oder hölzerne Kaſtenrohre; häufiger ſind es guſseiſerne, meiſtens aber aus Eiſenblech zuſammengenietete Rohre.

336. Drehbohren in ſteinigem Boden.

β) Drehbohren in ſteinigem Boden. Für ſteinigen Baugrund kommen Röhrenbohrer zur Anwendung, deren Krone entweder mit 8 bis 10 ſtählernen Meiſselzähnen oder mit 8 bis 12 ſchwarzen Diamanten beſetzt iſt (Fig. 615).

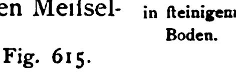
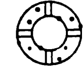


Fig. 615.





Diamantbohrer.

Bohrer und Geſtänge ſind röhrenförmig; durch den Hohlraum wird Druckwaſſer bis auf die Sohle des Bohrloches eingeführt; daſſelbe ſteigt zwiſchen Röhre und Bohrlochwand in die Höhe und fördert dabei das Bohrmehl empor.

Die erſte Anwendung von Diamanten zum Geſteinsbohren ſcheint *Leſchot* gemacht zu haben; in Amerika und durch den engliſchen Capitän *Beaumont* wurde dieſe Methode, welche auch engliſche Bohrmethode heiſst, weſentlich vervollkommnet.

Das Geſtänge wird am beſten aus Stahlrohren von 5 bis 6 cm Durchmeſſer und ca. 2,5 m Länge gebildet; die Verbindung der einzelnen Stücke mit einander geſchieht durch Muffen von gleichem oder von gröſserem Durchmeſſer.

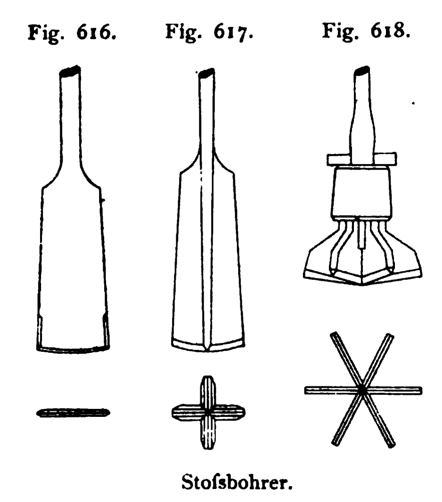
Durch beſondere maſchinelle Einrichtungen wird das Geſtänge in ſchnelle Drehung (100 bis 200 Umdrehungen in der Minute) verſetzt und hierbei ein ringförmiges Bohrloch gebildet. Im Hohlraum des Bohrers bleibt ein Geſteinskern ſtehen; ſobald dieſer eine gröſsere Länge erreicht hat, läſſt man das Geſtänge leer laufen, wobei der Kern vom letzteren, in Folge der Centrifugalkraft, abgebrochen wird. Alsdann kann man denſelben hervorholen.

Ein groſser Vorzug dieſer Bohrmethode iſt in der Gewinnung fortlaufender Geſteinskerne zu ſuchen, aus denen man nicht nur ganz genau die Gebirgsart, ſondern auch das Einfallen der Schichten erkennen kann. Dieſem Vortheil ſtehen die hohen Koſten des Bohrbetriebes gegenüber.

337. Stoſsbohren.

γ) Stoſsbohren. In felſigem und anderem ſteinigen Boden können Bohrlöcher auch in der Weiſe hergeſtellt werden, daſs man meiſselartig geſtaltete Bohrer ſtoſsweiſe auf das Geſtein einwirken läſſt; die losgelöſten Steinſplitter, der ſog. Bohrſchmand, wird mittels beſonderer Vorrichtungen (Bohrlöffel) hervorgeholt.

Gätzschmann. Die Aufſuchung und Unterſuchung von Lagerſtätten nutzbarer Materialien. 2. Aufl. Leipzig 1866.
Serlo, A. Bergbaukunde. 2. Aufl. 1. Band. Berlin 1873. S. 50.
Stoz, W. Bohrapparat für jedes Gebirge, jede Tiefe und Weite der Bohrverſuche bei Gewinnung von fortlaufenden Gebirgskernen. Stuttgart 1876.
Fauck, A. Anleitung zum Gebrauche des Erdbohrers. Leipzig 1877.
Strippelmann, L. Die Tiefbohrtechnik im Dienſte des Bergbaus und der Eiſenbahntechnik. Halle 1877.
Geisendorfer. *Appareils de ſondage.* Paris 1881.
Romain, A. *Nouveau manuel du ſondeur etc.* Paris 1881.
Fauck, A. Fortſchritte in der Erdbohrtechnik. Leipzig 1885.


Fig. 616. Fig. 617. Fig. 618.

Stofsbohrer.

Am häufigften wird der einfache Meifselbohrer (Fig. 616) angewendet; doch wird auch der Kolbenbohrer mit mehreren fich kreuzenden Schneiden (Fig. 617 u. 618) und der Kronenbohrer nicht felten benutzt, namentlich wenn einzelne feftere und gröfsere Steine zertrümmert werden follen.

Das Geftänge ift ähnlich, wie das unter α befchriebene, eingerichtet; nur kann es hier etwas fchwächer gehalten werden. Die Schläge werden in der Weife ausgeführt, dafs man über Tag das Geftänge um ein beftimmtes Stück hebt und alsdann fallen läfft. Nach jedem Schlage wird der Bohrer etwas gedreht (gefetzt), damit er ftets neue Stellen des Gefteines trifft.

Zu diefem Ende mufs über Tag ein befonderes Bohrgerüft errichtet werden, welches das Hervorholen und Hinablaffen des Geftänges, fo wie das Ausführen der Schläge geftattet; letzteres kann durch Menfchenhand oder durch Mafchinen gefchehen.

Bei der fog. dänifchen Bohrmethode wird mit hohlem Geftänge unter Wafferzuflufs von oben gebohrt, und zwar mit kleinen Meifselbohrern von 5 bis 7 cm Durchmeffer.

δ) Seilbohren. Das Bohren mit fteifem Geftänge hat den grofsen Nachtheil, dafs bei jedesmaligem Hervorholen und Hinablaffen des Bohrers das Geftänge in feine einzelnen Theile zerlegt, bezw. aus denfelben zufammengefetzt werden mufs; hierdurch ift ein grofser Zeitverluft bedingt. In Folge deffen hat man mehrfach ftatt des fteifen Geftänges ein Seil angewendet, welches auf einer wagrechten Welle auf- und abgewunden wird; doch ift auch die Seil- oder Jenenfifche Bohrmethode mit wefentlichen Uebelftänden behaftet, fo dafs fie keine allgemeine Verbreitung gefunden hat.

338. Probebelaftungen.

5) Probebelaftungen dienen zur Ermittelung der Tragfähigkeit einer Bodenfchicht. Nach Ausfchachtung der Baugrube belaftet man die Sohle in geeigneter Weife fo lange, bis der Baugrund nachzugeben anfängt. Alsdann läfft man die Belaftung fo lange darauf ruhen, bis kein weiteres Einfinken ftattfindet. Aus dem Mafs des beobachteten Einfinkens, aus der Gröfse der Belaftung und der Gröfse der Druckfläche läfft fich die Beanfpruchung für die Flächeneinheit berechnen.

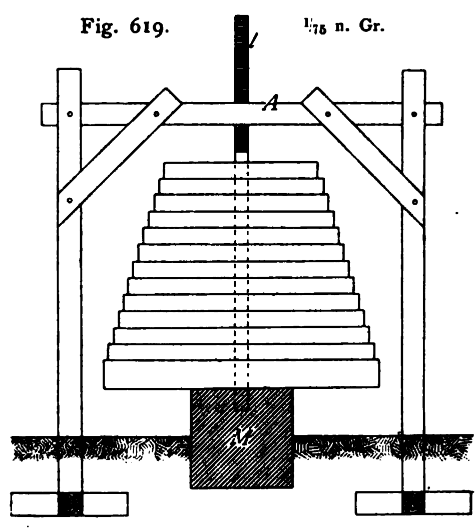


Fig. 619. 1/75 n. Gr.

Probebelaftung.

Die Belaftung wird meift in der Weife durchgeführt, dafs man Bohlen oder gröfsere, regelmäfsig bearbeitete Steine auf die Sohle der Baugrube legt und darauf fchwere Gegenftände, wie Baumaterial, Eifenfchienen, Bleibarren etc., aufbringt. *Lehmann* empfiehlt[141]), um ficherere Ergebniffe zu erzielen, nachftehendes Verfahren. Man fchachte auf der den Baugrund vorausfichtlich bildenden Bodenfchicht eine quadratifche Grube von etwa 1 m Seitenlänge und 40 bis 50 cm Tiefe aus, ebne die Grube forgfältig ein und ftelle darin einen Mauerklotz *M* (Fig. 619) von Klinkern oder lagerhaften, möglichft grofsen Bruchfteinen in Cementmörtel her mit thunlichft ebenen Flächen und fo hoch, dafs derfelbe etwa 40 bis 50 cm aus der mit feft zu ftampfendem Boden wieder gefüllten Grube hervorragt. In der oberften Schicht mauere man eine im oberen Theile mit einer Scala verfehene Latte *l* ein und errichte über dem Mauerkörper ein Gerüft nach Fig. 619, an deffen wagrechtem

141) In: Deutfche Bauz. 1881, S. 403.

Querstück *A* man das Mafs des Einsinkens beobachten kann. Ueber den Mauerkörper strecke man Bahnschienen oder starke Bauhölzer, auf welche die Belastung vorsichtig aufgebracht wird. Durch das Hinabgehen der Latten-Scala wird das Einsinken in den Boden deutlich ersichtlich.

Eine Probebelastung kann auch zu dem Zwecke vorgenommen werden, um zu ermitteln, ob ein bestimmter Baugrund eine gewisse Last mit Sicherheit zu tragen im Stande ist. Man bringt das Anderthalbfache bis Zweifache der künftigen Last auf, läfst die Probelast möglichst lange ruhen, etwa einen Winter, und beobachtet während dieser Zeit genau die eintretenden Senkungen. Aus dem Mafs der letzteren, aus ihrer allmähligen Abnahme etc. gewinnt man Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Tragfähigkeit des fraglichen Baugrundes.

Indefs sind solche Untersuchungen niemals ganz zuverläfsig, am allerwenigsten bei elastischem Boden. Nimmt man noch hinzu, dafs ein derartiges Verfahren auch zeitraubend und kostspielig ist, so ist Grund genug vorhanden, diese Methode nur wenig in Anwendung zu bringen.

c) Verbesserung schlechten Baugrundes.

Ein schlechter Baugrund, der in Folge zu grofser Prefsbarkeit oder in Folge starken seitlichen Ausweichens nicht geeignet ist, dem Druck eines darauf zu errichtenden Gebäudes zu widerstehen, kann unter Umständen und innerhalb gewisser Grenzen verbessert [142]), d. h. wenig nachgiebig gemacht werden.

Will man die zu grofse Prefsbarkeit einer Bodenart herabmindern, so wird in der Regel eine künstliche Dichtung derselben vorgenommen; nur selten kommen andere Mittel zur Anwendung. Die wichtigsten hierher gehörigen Methoden sind die folgenden.

339. Todte Last.

1) Man bringt eine gröfsere todte Last auf die Baugrubensohle. Die letztere wird zunächst mit einer Bohlenlage bedeckt, und auf diese werden grofse Steine, alte Eisenbahnschienen oder andere schwere Gegenstände in thunlichst gleichmäfsiger Weise ausgebreitet. Wenn auch auf diese Weise ein geringes Zusammenpressen des Baugrundes erzielt werden kann, so ist der Erfolg im Allgemeinen doch ein wenig nennenswerther. (Vergl. auch das im vorhergehenden Artikel über Probebelastungen Gesagte.)

340. Rammen.

2) Etwas besser wirkt bei gewissen Bodenarten das Abrammen der Sohle der Baugrube. Dazu dient die gewöhnliche Handramme, die je nach dem Gewichte von 2 bis 4 Mann gehandhabt wird. Wirksamer, wenn auch theuerer, würde ein Abwalzen der Baugrubensohle sein, welches mit Hilfe von schweren Steinwalzen oder von mit Sand, event. mit Wasser gefüllten Eisenwalzen (ähnlich wie im Strafsenbau) vorgenommen werden könnte. Allein auch der Erfolg des Rammens, bezw. Walzens ist ein verhälthifsmäfsig geringer, da die Dichtung des Bodens nur auf eine sehr geringe Tiefe hervorgebracht wird; in der Tiefe des Grundwasserspiegels ist die Wirkung ganz abgeschwächt. Durchweichter Lehm- und Thonboden, lockerer Sandboden etc. können auf diese Weise niemals gedichtet werden.

341. Begiefsen mit Wasser.

3) Lose aufgeschüttete Schichten von groberem Sand oder feinerem Kies können dadurch widerstandsfähiger gemacht werden, dafs man denselben in vorsichtiger und

142) Unter »Verbesserung schlechten Baugrundes« sollen im Vorliegenden nicht etwa dieselben Einrichtungen und Verrichtungen verstanden werden, die man in einigen Theilen Deutschlands und in manchen Büchern und Zeitschriften unter dem Namen »künstliche Befestigung des Baugrundes« zusammenfafst. Unter der letzteren, wenig zweckmäfsigen Bezeichnung werden nicht nur die Mittel verstanden, die dazu dienen, stark nachgiebigen Baugrund weniger nachgiebig zu machen, sondern auch Fundament-Constructionen, wie Schwellroste, Pfahlroste etc. Letztere sollten indefs niemals als Mittel zur Befestigung des Baugrundes angesehen werden; vielmehr sind dies entweder die Fundamente selbst oder doch der wesentlichste Theil derselben. Vergl. die Begriffsbestimmung des »Fundamentes« in Art. 320 (S. 231).

ausgiebiger Weife Waffer zuführt. Hierdurch werden die einzelnen Körner näher an einander gefchoben und die Zwifchräume kleiner.

342. Einrammen von Schutt etc.

4) Bei den meiften weichen Bodenarten, felbft bei durchweichtem Lehm- und Thonboden und bei Triebfand, läfft fich ein nennenswerthes Ergebnifs erzielen, wenn man in den Baugrund mehrere Lagen von Baufchutt oder Steinfchlag einrammt. Es gefchieht dies mit Hilfe fchwerer Handrammen oder beffer mit einfachen Zugrammen, deren Gerüft auf dem Terrain, zu beiden Seiten der Baugrube, aufgeftellt wird und deren Rammklotz ein Gewicht von 100 bis 150 kg hat.

Es wird zunächft eine 25 bis 30 cm dicke Schicht von Baufchutt, Steinfchlag, Wacken etc. auf der Sohle der Baugrube ausgebreitet und diefe fo lange gerammt, bis zwifchen den Steinbrocken das lockere Bodenmaterial hervorquillt. Hierauf wird eine zweite, erforderlichen Falles noch eine dritte, eben fo dicke Schicht aufgebracht und gleichfalls feft gerammt. Man hat für eine auf diefe Weife gebildete Schicht wohl auch die wenig glückliche Bezeichnung »Ramm-Beton« gewählt.

Bei Gründungen am und im Waffer darf diefes Verfahren niemals angewendet werden, felbft dann nicht, wenn das Fundament von einer Spundwand umfchloffen wird.

343. Einrammen von Steinen.

5) Das eben befchriebene Verfahren führt zu einem noch günftigeren Ergebnifs (namentlich bei durchweichtem Lehm- und Thonboden), wenn man ftatt kleinerer Steinbrocken gröfsere (mindeftens fauftgrofse) Steine in den Boden einrammt. Am beften ift es, die Steine hochkantig auf die Sohle der Baugrube zu ftellen und diefes Rollfchicht-Pflafter mit Hilfe einer Zugramme feft zu ftampfen.

344. Einrammen von Pfählen.

6) Die Dichtung des Baugrundes kann in noch höherem Mafse erzielt werden, wenn man Pfähle von etwa 1 bis 2 m Länge in denfelben einfchlägt. Je näher die einzelnen Pfähle an einander geftellt werden, defto ausgiebiger wird die Dichtung des Bodenmaterials; man kann diefelbe fo lange fteigern, als nicht durch das Einrammen eines neuen Pfahles andere herausgetrieben werden. Es ift hierbei darauf zu achten, dafs die Pfähle ftets unter dem Grundwafferfpiegel bleiben.

Diefes Verfahren ift zwar in feinem Erfolge günftig, verurfacht jedoch grofse Koften.

345. Sandpfähle.

7) Die Koften des eben befchriebenen Verfahrens laffen fich etwas herabmindern, wenn man den Pfahl, nachdem man ihn eingerammt hat, wieder herauszieht und den zurückgebliebenen Hohlraum mit reinem Sande ausfüllt. Obwohl durch derlei Füll- oder Sandpfähle gleichfalls eine nicht unbedeutende Dichtung des Baugrundes erlangt werden kann, fo find doch die Koften dem unter 6 angeführten Verfahren gegenüber nicht wefentlich geringer, weil das Ausziehen der eingerammten Pfähle einen grofsen Kraftaufwand erfordert.

Füll- oder Sandpfähle laffen fich auch als mit Sand gefüllte Bohrlöcher auffaffen; fie unterfcheiden fich jedoch von den gewöhnlichen Bohrlöchern dadurch, dafs der Inhalt eines Loches nicht herausgefördert, fondern feitlich verdrängt und an deffen Stelle reiner Sand eingebracht wird. Man hat wohl auch ftatt der Holzpfähle eiferne Röhrenpfähle angewendet, wenn der Boden fo locker ift, dafs beim Herausziehen des Holzpfahles das Loch fich wieder fchliefst. Derlei Pfähle werden aus Blechrohren gebildet, die am unteren Ende einige Schraubengänge tragen. Mit Hilfe der letzteren wird der Pfahl in den lofen Boden eingedreht. Nunmehr führt man in den Hohlraum des Pfahles Waffer ein, das durch eine unten angebrachte Klappe ausfliefst. Beim Zurückdrehen des Pfahles füllt das Waffer das Bohrloch aus und verhütet den Rücktritt des verdrängten Bodens.

346. Verfteinerung.

8) Um Triebfand tragfähig zu machen, ift auch fchon der Gedanke angeregt worden, durch Zuführung geeigneter Flüffigkeiten den Sandboden auf chemifchem Wege in eine fteinartige Maffe zu verwandeln.

Man könnte in den Triebfand durchlöcherte Eifenrohre einfenken und die betreffende Flüffigkeit

einpressen; man könnte in solcher Weise unbrauchbaren Baugrund mittels Einspritzen einer erhärtenden Flüssigkeit in Stein verwandeln [143]).

347. Entwässerung.

9) Nasse Lehm- und Thonschichten lassen sich am besten durch eine vollständige und dauernde Entwässerung tragfähig machen. Meistens wird eine solche Entwässerung mittels der sog. Drainage vorgenommen.

348. Drainirung.

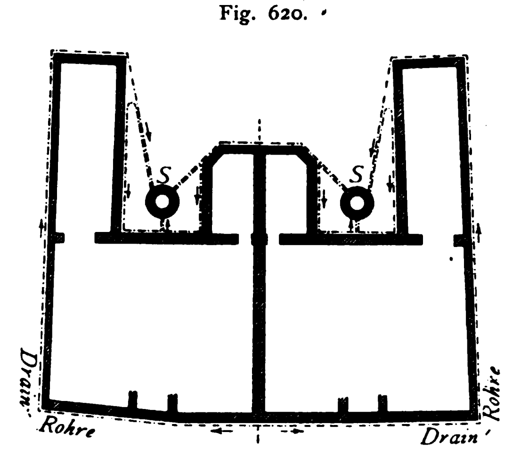
Letztere geschieht mit Hilfe von Sickergräben oder mittels der bekannten, zur Wiesen-Drainage verwendeten Drainrohre oder durch beide Mittel zugleich.

Die Sickergräben (auch Drains genannt) sind oben geschlossene Gräben, welche das Wasser aus dem Boden aufzusaugen und abzuführen haben. Man füllt diese Gräben entweder mit rundlichen Steinen (von 5 bis 6 cm Durchmesser) aus, wodurch die sog. Steinfilter entstehen; oder man verwendet die bekannten Drainrohre (Thonrohre von etwa 25 cm Länge, die ohne weitere Verbindung stumpf an einander gelegt werden), wie sie zur Wiesenentwässerung benutzt werden. Die Steinfilter erhalten ein Sohlengefälle von mindestens 1 : 150; besser ist es bis 1 : 100 zu gehen; die Sohlenbreite, welche von der Menge des abzuführenden Wassers abhängt, beträgt 25 bis 30 cm. Die Drainrohre müssen ein um so stärkeres Gefälle erhalten, je enger sie sind; dasselbe ist mit 1 : 200 bis 1 : 50 zu wählen. Die Weite der Drainrohre, die sich gleichfalls nach der abzuführenden Wassermenge richtet, beträgt 2,5 bis 10 cm; doch genügt meist eine Weite von 5 cm. Drainrohre sind dort besonders zweckmäsig, wo der Boden durchlässig ist; bei weniger durchlässigem Boden saugt ein Steinfilter mehr Wasser auf. Wenn die wasserführende Schicht eine gröfsere Mächtigkeit hat, so kann man auch Steinfilter und Drainrohre gleichzeitig in Anwendung bringen; das Steinfilter führt alsdann den Drainrohren das Wasser zu.

Ist der Boden nur wenig nafs, so genügen einzelne Sickergräben, die in angemessener Entfernung von einander angeordnet und hauptsächlich längs der Aufsen- (Fundament-) Mauern des betreffenden Gebäudes angelegt werden. Ist ein gröfseres Grundstück, dessen Boden stark durchnässt ist, zu entwässern, so ordnet man einen Hauptdrain an, von dem Seitendrains ausgehen; von den letzteren können unter Umständen wiederum Saugdrains abzweigen. Der Hauptdrain folgt entweder der Richtung der stärksten Durchnässung oder der Richtung des stärksten Gefälles.

Das durch die Drainrohre gesammelte und nach einem passend gewählten, tief gelegenen Punkte geleitete Wasser wird,

Fig. 620.

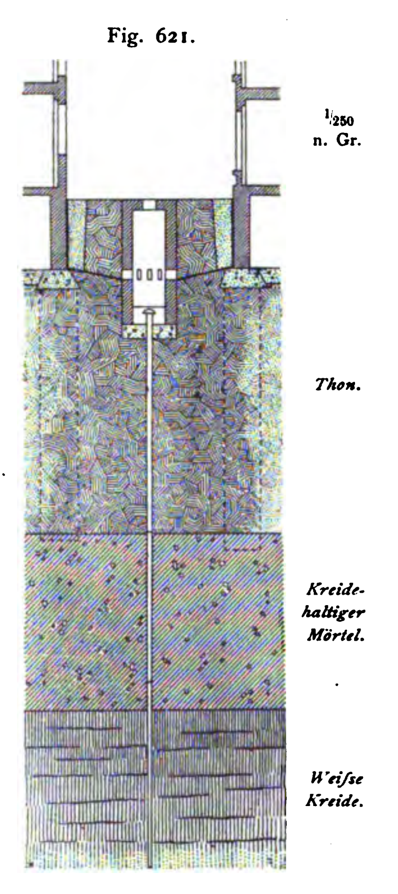


Grundplan. — 1/500 n. Gr.

Entwässerung des Baugrundes beim Bau zweier Häuser zu Passy [144]).

Arch.: *Lethorel.*

Fig. 621.



Schnitt durch einen Entwässerungsschacht.

143) Siehe hierüber: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 344.

144) Nach: *Semaine des conft.*, Jahrg. 9, S. 90, 91.

wenn ein geeigneter natürlicher Sammler vorhanden ift, nach diefem geführt; fonft mufs man Brunnen anlegen, welche das gefammelte Waffer aufnehmen [145]).

349. Beifpiel.

Zur Erläuterung des Gefagten fei [144]) hier die von *Lethorel* bei der Gründung von zwei Häufern in Paffy angewendete, durch Fig. 620 u. 621 veranfchaulichte Entwäfferungs-Anlage vorgeführt.

Der tragfähige Baugrund befteht in diefem Falle aus einer undurchläffigen Thonfchicht; fobald diefelbe vom Waffer erweicht wird, wird fie vollftändig nachgiebig. Es mufste defshalb das einfickernde Meteorwaffer und das Waffer der Umgebung von der Thonfchicht fern gehalten werden.

Zu diefem Ende ift für jedes der beiden auf Senkbrunnen fundirten Häufer je ein Entwäfferungsfchacht *S* angelegt worden, der in feinem oberen Theile wafferdicht gemauert ift; von der gleichfalls wafferdichten Sohle diefes gemauerten Vorfchachtes find eiferne Rohre von 20, 16 und 12 cm abgefenkt, und zwar bis in die Kreidefchicht; die unterften Rohrftücke find durchlöchert, und das Waffer verfickert im Boden. Das oberfte Rohrftück ragt über der Vorfchachtfohle hervor, fo dafs rings um daffelbe eine Art Schlammfang entfteht. Sämmtliche Aufsenmauern der beiden Häufer find, fo weit fie vom Erdreich begrenzt find, durch einen wafferdichten Mörtelputz gefchützt. An letzteren anfchliefsend wurde ringsum ein 40 cm weiter Entwäfferungsgraben angelegt, deffen Sohle von einer Hammerfchlag-Beton-Schicht gebildet wird; auf letztere kommen die das ganze Gebäude umziehenden Drainrohre zu liegen; fchliefslich ift der Graben mit trockenem Hammerfchlag zugefüllt. Die Drainrohre find im Gefälle von 1 : 50 verlegt und nach den beiden Entwäfferungsbrunnen geführt.

Das von der Strafsen- und Hofoberfläche einfickernde, eben fo das von den Hausgärten zuftrömende Waffer wird durch die befchriebene Anlage abgefangen, bevor es an die Kellermauern gelangt. Um auch ein Eindringen des Waffers durch die Kellerfohle zu verhüten, ift auf derfelben zunächft ein 25 cm dickes Sandbett ausgebreitet und über diefem eine 40 cm dicke Beton-Schicht ausgeführt.

350. Städtifche Canalifation.

Eine Drainirung des Baugrundes ift auch in gröfseren Städten das vortheilhaftefte Mittel, wenn man einen zu hohen Grundwafferfpiegel fenken, bezw. einen wechfelnden Grundwafferftand fixiren will. Am vollkommenften erreicht man den beabfichtigten Zweck, wenn man diefe Drainirung an die Canalifation der betreffenden Stadt anfchliefst, bezw. mit Hilfe derfelben vornimmt.

In den meiften Fällen genügt die Anlage eines fachgemäfsen unterirdifchen Canalnetzes mit entfprechenden Hausanfchlüffen allein, um das Fundament-Mauerwerk der Häufer und die Kellerräume derfelben trocken zu erhalten und dem die Verwefung organifcher Stoffe begünftigenden Schwanken des gefenkten Grundwafferftandes ein Ende zu machen. Wenn man die Baugruben, in denen die Canäle ausgeführt werden, in einer gewiffen Höhe mit Kies oder grobem Sande verfüllt, fo entfteht längs der Canalwände ein zufammenhängendes Netz von durchläffigen Sickeranlagen, welche Waffer aufnehmen, daffelbe, indem fie dem Gefälle der Canäle folgen, abführen und es fchliefslich an die Canäle felbft oder an andere Sammler abgeben. Näheres über diefen Gegenftand ift in Theil III, Band 5 diefes »Handbuches« (Abth. IV, Abfchn. 5, B, Kap. 7, a, Art. 136 u. 149) zu finden.

351. Quellen.

Ift eine Quelle vorhanden, welche die Durchnäffung des Bodens bewirkt, fo ift es am beften, diefelbe oberhalb des zu errichtenden Gebäudes zu faffen und abzuleiten. Ift dies nicht möglich, fo mufs die Quelle auf der Bauftelle felbft in einer fog. Quellenftube gefafft werden, aus der das Waffer mittels eines Canals abgeleitet wird.

352. Erfatz durch befferen Boden.

10) Bei Torf- und Moorboden läfft fich bisweilen durch Befeitigung des lockeren Bodenmaterials und Erfatz durch befferes Material, wie Kies, Sand etc. ein tragfähiger Baugrund fchaffen. Indefs ift diefes Mittel weniger unter die »Verbefferung fchlechten Baugrundes« einzureihen, bildet vielmehr den Uebergang zu den Fundament-Conftructionen.

353. Mittel gegen Ausweichen.

Wenn ein Baugrund unter dem auf ihn ausgeübten Druck ftark feitlich ausweicht, fo läfft fich dies durch Umfchliefsung mit Spund- und Pfahlwänden oder durch Belaftung des Bodens um das Fundament herum verhüten. Bei breiigem Boden kann man indefs bei Anwendung folcher Mittel keineswegs auf einen ficheren Erfolg zählen.

[145]) Vergl. auch: Die in Amerika gebräuchliche Praxis der Drainirung von Wohnhäufern. Wiener Bauind.-Ztg. 1885, S. 456.

2. Kapitel.

Conftructions-Bedingungen.

354. Bedingungen.

Ein richtig conftruirtes Fundament hat folgende Bedingungen zu erfüllen:

1) Die Lage, Form und Gröfse der Fundament-Bafis mufs den herrfchenden Druckverhältniffen entfprechen.

2) Das Fundament mufs gegen Einfinken, d. i. gegen Bewegung im lothrechten Sinne gefichert fein.

3) Das Fundament mufs gegen feitliches Verfchieben oder Abgleiten, d. i. gegen Bewegung im wagrechten Sinne gefichert fein.

4) Das Fundament mufs fo angeordnet und ausgeführt fein, dafs deffen Beftand durch äufsere Einflüffe nicht gefährdet werden kann; insbefondere darf das Fundament nicht vom Waffer in fchädlicher Weife beeinflufft werden.

Zu diefen allgemeinen Bedingungen, denen jedes Fundament zu entfprechen hat, kommen in einzelnen Fällen noch befondere, aus dem Zwecke des betreffenden Bauwerkes entfpringende Anforderungen hinzu.

So z. B. wird in Gebäuden, worin feine phyfikalifche, aftronomifche etc. Beobachtungen vorgenommen werden follen, die Herftellung vollftändig ftandfefter und erfchütterungsfreier Arbeitsplätze ein wefentliches Erfordernifs fein; liegen folche Gebäude in verkehrsreichen Stadttheilen, fo handelt es fich hierbei um die Erreichung eines ganz befonderen Widerftandes gegen die durch den Strafsenverkehr hervorgerufenen Erfchütterungen [146].

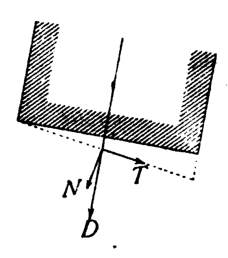
a) Lage, Form und Gröfse der Fundament-Bafis.

Für die Fundament-Bafis find die folgenden Conftructions-Regeln mafsgebend.

355. Lage.

1) Die Fundament-Bafis foll winkelrecht auf der Richtung des dafelbft herrfchenden Druckes liegen, um ein Verfchieben längs des Untergrundes zu verhüten. Sobald die Bafis eine andere Lage hat, fo zerlegt fich die Refultante D (Fig. 622) aus fämmtlichen auf die Bafis wirkenden Kräften in eine dazu winkelrechte Componente N (Normaldruck), welche der Baugrund aufzunehmen hat, und in eine Componente T in der Richtung der Bafis, welche das Verfchieben des Fundamentes herbeiführt.

Fig. 622.



Man kann allerdings innerhalb gewiffer Grenzen von diefer theoretifchen Lage abweichen, um anderweitigen Verhältniffen und Anforderungen Genüge zu leiften. Theoretifch darf diefe Abweichung bis zum Reibungswinkel gehen, der im Mittel mit etwa 25 Grad angenommen werden kann; allein in der Praxis wird man diefe Grenze nicht erreichen dürfen, weil durch Erfchütterungen, durch Waffer und durch andere Einflüffe die Reibung wefentlich herabgemindert werden kann. Ein Winkel von 15, höchftens von 18 Grad ift als äufserfte praktifche Grenze

---

[146]) Bei der Gründung des phyfikalifchen, des phyfiologifchen, des pharmakologifchen und des zweiten chemifchen Inftitutes an der Dorotheen-Strafse in Berlin wurden, auf Grund forgfältiger Unterfuchungen, folgende Conftructions-Bedingungen aufgeftellt: α) die Fundamente recht tief und maffig herzuftellen und dadurch den Schwerpunkt der Mauern möglichft weit nach unten zu verlegen; β) fo weit als thunlich die Fundirung unmittelbar zufammenhängend zu bewirken; γ) da, wo Senkfundirung erforderlich, die Röhren näher als fonft üblich zu ftellen und die Pfeilerquerfchnitte über das gewöhnliche Mafs zu vergröfsern; δ) bei Pfahlroft-Gründungen die Pfähle ohne befondere Rückficht auf die einzelnen Mauern gleichmäfsig und dichter als fonft über die ganze zu bebauende Fläche zu vertheilen und in gehöriger Tiefe mit einer durchgehenden Verholmung und ftarkem Bohlenbelag zu verfehen; ε) den ganzen Gebäude-Complex mit einem 1 m breiten Ifolirgraben von der Tiefe der benachbarten Umfaffungsmauern zu umziehen; ζ) die Tifche für die Präcifions-Arbeiten befonders zu fundiren und von dem zur Conftruction der Gebäude gehörigen Mauerwerk etc. zu ifoliren. (Näheres hierüber: KLEINWÄCHTER. Die Fundirung der Univerfitäts-Inftitute in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 359.)

anzunehmen, wenn man dem Abgleiten nicht durch andere, später noch zu besprechende Mittel entgegenwirkt.

Da die Fundamente der meisten Hochbauten im Wesentlichen nur lothrechte Kräfte auf den Baugrund zu übertragen haben, so ist deren Fundament-Basis meist wagrecht angeordnet. Wenn es sich jedoch um die Fundirung von Constructionstheilen handelt, welche auch wagrechten Kräften (Schüben) zu widerstehen haben, wie z. B. bei Widerlagern gröſserer Gewölbe, bei Stützmauern etc., so ist die Basis winkelrecht zur Richtung der Resultante sämmtlicher wirksamen Kräfte zu legen.

356. Form.

2) Die Fundament-Basis soll so gestaltet sein, daſs der daselbst herrschende Druck durch ihren Schwerpunkt geht. Denn nur in diesem Falle wird sich der Druck gleichmäſsig über die ganze Basis vertheilen; gleichartiger, preſsbarer Baugrund wird alsdann durchwegs um gleich viel zusammengepreſst, und das Setzen des Bauwerkes ist ein gleichförmiges.

Es sei (Fig. 623) $AB = b$ die Breite einer Fundament-Basis, welche den Druck D aufzunehmen hat, der im Abstande $OC = \xi$ vom Schwerpunkte O die Basis trifft. Einen gleichartigen preſsbaren Baugrund vorausgesetzt, wird ein Zusammenpressen des letzteren und ein Einsinken des Fundamentes derart eintreten, daſs die Basis AB desselben in die Lage $A'B'$ übergeht. In einem beliebigen Punkte M, der um $OM = z$ vom Schwerpunkte O absteht, ist der auf den Baugrund ausgeübte Druck [147])

$$N = \frac{D}{F}\left(1 + \frac{F \xi z}{J}\right),$$

sobald F den Flächeninhalt und J das Trägheitsmoment der Fundament-Basis bezeichnen.

Setzt man eine rechteckige Form der letzteren voraus, so wird der Schwerpunkt O in die Mitte zwischen A und B fallen; nimmt man ferner die Abmessung winkelrecht zur Bildfläche gleich der Einheit an, so wird $F = b$ und $J = \frac{b^3}{12}$, sonach [148])

Fig. 623.

$$N = \frac{D}{b}\left(1 + \frac{12 \xi z}{b^2}\right) = \frac{D(b^2 + 12 \xi z)}{b^3} \quad . \quad 186.$$

Der gröſste Druck N_{max} findet im Punkte A, bezw. A' statt, für welchen z seinen Maximalwerth $\left(= \frac{b}{2}\right)$ hat; es wird

$$N_{max} = \frac{D}{b}\left(1 + \frac{6 \xi}{b}\right) = \frac{D(b + 6 \xi)}{b^2} \quad . \quad . \quad 187.$$

Der kleinste Druck N_{min} ergiebt sich für den Punkt B, bezw. B', für den z seinen kleinsten Werth $\left(= -\frac{b}{2}\right)$ hat; es wird [149])

$$N_{min} = \frac{D}{b}\left(1 - \frac{6 \xi}{b}\right) = \frac{D(b - 6 \xi)}{b^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 188.$$

Die Druckvertheilung in der Fundament-Basis läſst sich durch die sog. Druckfigur graphisch darstellen, über deren Construction in Theil I, Bd. 1 (Art. 320 u. 321, S. 274 u. 275) das Erforderliche zu finden ist.

Die Gröſse, um welche sich in einem beliebigen Punkte M der Baugrund zusammenpreſst oder, was das Gleiche ist, um welche das Fundament einsinkt, sei η; dieselbe wird dem daselbst herrschenden Drucke N nahezu proportional sein, also

$$\eta = \mu N.$$

Da im Punkte A der Druck am gröſsten, im Punkte B am kleinsten ist, wird auch η von A nach B hin stetig abnehmen. Es tritt sonach ein Schiefstellen oder ein Drehen der Fundament-Basis ein.

Es sind nun folgende 3 Fälle zu betrachten:

α) Es gehe die Richtung des vom Bauwerk ausgeübten Druckes D durch den Schwerpunkt O der Fundament-Basis. Alsdann ist $\xi = 0$, und der Druck nach Gleichung 186.

$$N_0 = \frac{D}{b}; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 189.$$

147) Nach Gleichung 50. (S. 273) in Theil I, Bd. 1 dieses »Handbuches«.

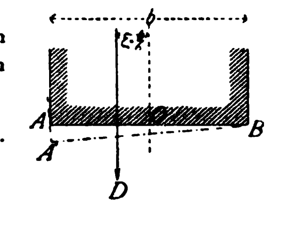
148) Siehe Gleichung 364. (S. 448) ebendas.

149) Siehe auch die Gleichungen auf S. 448 ebendas.

derfelbe ift fonach unabhängig von z, fomit für alle Punkte der Bafis der gleiche. In Folge deffen ift auch die Gröfse η unveränderlich, d. h. der Baugrund wird durchwegs um gleich viel zufammengepreßt; das Fundament finkt in allen Punkten um gleich viel ein, und es findet kein Drehen, kein Schiefftellen deffelben ftatt.

β) Es fei (Fig. 624) $\xi = \frac{b}{6}$, alsdann wird nach Gleichung 188.

Fig. 624.



$$N_{min} = 0,$$

d. h. es findet im Punkte B kein Zufammenpreffen, keine Einfenkung, fondern blofs eine Drehung der Bafis um diefen Punkt ftatt. Die Normalpreffung an einer beliebigen Stelle derfelben beträgt

$$N = \frac{D}{b}\left(1 + \frac{2z}{b}\right) = \frac{D(b + 2z)}{b^2}, \quad \ldots \quad 190.$$

und die gröfste Preffung im Punkte A, für welchen $z = \frac{b}{2}$,

$$N_{max} = \frac{2D}{b}.$$

γ) Wird (Fig. 625) $\xi > \frac{b}{6}$, fo wird im Ausdruck 188. für N_{min} die Differenz $b - 6\xi$ negativ, alfo auch der Druck N_{min} negativ. Da nun, je nachdem der beliebige Punkt M der Bafis links oder rechts vom Schwerpunkt O gelegen ift, der Druck (nach Gleichung 186.)

$$N = \frac{D(b^2 \pm 12\xi z)}{b^3} \quad \ldots \ldots \quad 191.$$

ift, wird auch diefer Druck fich negativ ergeben, fo lange

$$12\xi z > b^2 \quad \text{oder} \quad z > \frac{b^2}{12\xi},$$

Fig. 625.

d. h. es findet (hier rechts vom Schwerpunkt) gegen B zu ein Abheben des Fundamentes ftatt, oder, mit anderen Worten, es tritt ein Drehen der Fundament-Bafis um einen zwifchen O und B gelegenen Punkt ein; der Abftand diefes Punktes von O ergiebt fich aus der Relation

$$-z = \frac{b^2}{12\xi};$$

denn für diefen Werth von z wird $N = 0$.

Da nun ein Abheben des Fundamentes vom Baugrund niemals eintreten darf, fo ift es demnach auch nicht ftatthaft, ξ gröfser als $\pm \frac{b}{6}$ werden zu laffen; es darf demnach der Druck D niemals aufserhalb des mittleren Bafis-Drittels wirken.

Nur bei nicht prefsbarem (felfigem) Baugrund ift es unfchädlich, wenn die Druckrichtung nicht durch den Schwerpunkt der Fundament-Bafis geht; allein auch in diefem Falle dürfen gewiffe Grenzen nicht überfchritten werden, die bei rechteckiger Bafis-Geftalt, wie eben gezeigt, durch das mittlere Bafis-Drittel, bei beliebiger Form der Fundament-Bafis durch die Bedingung gegeben find, dafs an keiner Stelle derfelben Zugfpannungen auftreten follen. Man hat diefen Grenzen um fo ferner zu bleiben, je weniger widerftandsfähig der Baugrund ift.

357. Gröfse.

3) Die Fundament-Bafis foll fo grofs fein, dafs die in irgend einem Punkte derfelben vorkommende gröfste Normalpreffung die zuläffige Druckbeanfpruchung des Baugrundes nicht überfchreitet. Ueber das Mafs der letzteren und die fonftigen hierbei mafsgebenden Factoren wird noch die Rede fein.

b) Sicherheit gegen Einfinken.

Das Einfinken oder »Setzen« des Fundamentes kann entweder in einer lothrecht niedergehenden Bewegung oder in einer Drehung deffelben beftehen. Die letztere ift meift eine Bewegung nach abwärts; indefs kann ausnahmsweife auch ein theilweifes Abheben des Fundamentes von der Baufohle ftattfinden.

Das Einſinken des Fundamentes kann eintreten:

1) in Folge der Zuſammenpreſſung des Baugrundes [150]),

2) in Folge ſeitlichen Ausweichens des Baugrundes [151]),

3) in Folge des Einfluſſes des Waſſers und

4) in Folge anderweitiger äuſseren Einflüſſe.

Von den Miſsſtänden, die durch Waſſer und andere äuſsere Einflüſſe hervorgerufen werden, wird noch ſpäter (unter d) die Rede ſein; hier wird hauptſächlich nur jenes Einſinken in Betracht gezogen, welches in Folge der Zuſammenpreſſung oder des ſeitlichen Ausweichens des Baugrundes eintritt.

358. Zuſammenpreſſen des Baugrundes.

Ein merkliches Zuſammenpreſſen des Baugrundes wird nur dann ausbleiben, wenn derſelbe aus vollſtändig widerſtandsfähigem Felſen beſteht. Bei jeder preſsbaren Bodenart wird eine Compreſſion des Baugrundes eintreten, und zwar wird die Gröſse derſelben vom Maſs ſeiner Preſsbarkeit und von der Gröſse des vom Bauwerk ausgeübten Druckes abhängen. Je weicher die Bodenart iſt, worauf fundirt werden ſoll, und je gröſser der vom Bauwerk ausgeübte Druck iſt, deſto mehr wird der Boden zuſammengepreſst und deſto mehr ſinkt das Fundament ein.

Aus dem Geſagten geht hervor, daſs in verhältniſsmäſsig nur wenigen Fällen ein durch Zuſammenpreſſen des Baugrundes hervorgerufenes Einſinken des Fundamentes vollſtändig vermieden werden kann. In der That iſt daſſelbe meiſt auch unſchädlich, wenn es gewiſſe Grenzen nicht überſchreitet, wenn es gleichmäſsig vor ſich geht und wenn die herrſchende Druckrichtung von der lothrechten gar nicht oder nur wenig abweicht. In einem ſolchen Falle iſt bloſs die Vorſicht zu gebrauchen, daſs man das Bauwerk langſam ausführt und das Einſinken deſſelben abwartet, erforderlichen Falles das Mauerwerk um das Maſs des Einſinkens höher macht.

Ungleichmäſsiges Einſinken des Fundamentes bringt in letzterem Trennungen hervor, da das Mauerwerk nur ſelten oder nur in geringem Maſse biegenden Kräften

---

150) Ueber das Verhalten verſchiedener Bodenarten gegen das Eindringen eines feſten Körpers ſtellte *Hagen* Verſuche an, indem er Blechcylinder mit ebenen Rändern mit verſchiedener Belaſtung auf die Erde ſtellte und ſowohl die Tiefe des Eindringens, als auch die Art und Weiſe deſſelben genau beobachtete, bezw. wie die Umgebung der Eindringſtellen ſich dabei verhielt.

Hagen erhielt bei dieſen Verſuchen das bemerkenswerthe Reſultat, daſs bei den Sandſchüttungen, und zwar ſowohl bei den feſteren als den loſeren, und eben ſo wohl bei trockenen wie bei feuchten, die Tragfähigkeit nahe dem Quadrate der Einſenkung proportional wird. Bei allen Verſuchen im Thonboden dagegen, ſei er mit mehr oder weniger Waſſer vermengt, ergab ſich die Tragfähigkeit oder die Belaſtung als der erſten Potenz, d. h. als der einfachen Einſenkung proportional. Es zeigte ſich ferner der bemerkenswerthe Unterſchied, daſs bei den Sandſchüttungen die Belaſtung ſofort bis zu der entſprechenden Tiefe einſank und ſich nachher nicht mehr rührte, während bei Thonboden die Laſten nach und nach tiefer ſanken, bis ſie nach etwa 20 bis 30 Minuten ebenfalls keine weitere Bewegung mehr erkennen lieſsen.

Trockener, aber feſt geſtampfter Sand ergab nahezu die doppelte Tragfähigkeit, als loſe aufgeſchütteter.

Ganz bedeutend vermehrt ſich die Tragfähigkeit des Sandes, wenn er in eingeſchloſſenem Raume in dünnen Lagen und in feuchtem Zuſtande eingeſtampft wird, wobei durchflieſsendes Waſſer nur ſehr langſam eindringt und nur tropfenweiſe abflieſst. Sie iſt alsdann 12- bis 18-mal ſo groſs, als bei trockenem loſem Sande.

151) Ueber die Art und Weiſe, wie der Boden beim Eindringen einer Laſt ausweicht, hat *Hagen* bei ſeinen Verſuchen Folgendes bemerkt.

In den loſe aufgeſchütteten, trockenen Sand dringt die Laſt ein, ohne daſs irgend eine Erhebung der Oberfläche des Grundes in der Umgebung bemerkbar wird; es bildet ſich vielmehr eine kegelförmige Vertiefung um die Eintrittsſtelle, woraus hervorgeht, daſs der Sand nur zuſammengedrückt und dichter wird, indem die herabgedrückten Sandtheilchen in die Zwiſchenräume der unteren lockeren Sandſchichten eindringen.

Bei dem feſt geſtampften, feuchten (wenig benetzten) Sande zeigte ſich um die Eindringſtelle ebenfalls eine Vertiefung, aber in einiger Entfernung ſchwoll der Boden rings herum ſtark auf.

Bei allen Thonarten dagegen erhebt ſich beim Eindringen der Laſt die Umgebung bedeutend über die Oberfläche des Bodens, was auch bei Bauten vielfach bemerkt werden kann, indem bei Dammſchüttungen durch Wieſen und Sümpfe mit weichem Untergrunde ein Sinken des Dammes eintritt, während daneben Erhöhungen des Bodens entſtehen, welche oftmals den Damm ſelbſt überragen.

Es folgt daraus, daſs Thonboden ſich in mancher Beziehung einer Flüſſigkeit ähnlich verhält, und ein auf Thonboden aufgeführtes Bauwerk niemals ſchwerer ſein darf, als die verdrängte Thonmaſſe ſelbſt, weil nur in dieſem Falle eine Sicherheit gegen Verſinken des Fundamentes vorhanden iſt.

widerftehen kann. Der Zugwiderftand des beften Mauerwerkes beträgt (bei 10-facher Sicherheit nach der Tabelle auf S. 247 in Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«) 1,8 bis 2,0 kg für 1 qcm; defshalb läfft fich unter Einwirkung bedeutender, auf dem Fundament-Mauerwerk ruhenden Laften die Verhütung eines Bruches nicht erwarten.

359.
Drehen
des
Fundamentes.

Ein Drehen des Fundamentes, welches, wie in Art. 356 (S. 246) gezeigt wurde, durch excentrifche Druckwirkung hervorgebracht werden kann, ift nur bei einigen feltener vorkommenden Bauwerken unfchädlich, z. B. bei gewiffen Stützmauern etc. In den meiften Fällen wird durch die Drehung ein ungleichmäfsiges Setzen der einzelnen Fundamenttheile hervorgerufen und dadurch deren Beftand gefährdet.

360.
Gleichmäfsigkeit und Mafs
des
Einfinkens.

Man wird demnach bei Conftruction und Ausführung der Fundamente das Hauptaugenmerk darauf zu richten haben, dafs das Einfinken kein zu grofses wird und dafs es vor Allem gleichmäfsig gefchieht. Wo das letztere nicht erreicht werden kann, mufs man darauf bedacht fein, das Mafs des Einfinkens möglichft zu reduciren.

Dem Drucke, den das Bauwerk auf den Baugrund ausübt und der die Zufammenpreffung des letzteren hervorbringt, wirkt die Reibung zwifchen den Aufsenflächen des Fundamentes und dem daffelbe umgebenden Bodenmaterial entgegen. Bei Hochbauten, die in der am häufigften vorkommenden Weife, d. i. in einer ausgefchachteten Baugrube fundirt werden, kommt diefe Reibung in der Regel gar nicht in Betracht; jedenfalls ift fie im Zeitraum unmittelbar nach Ausführung des Fundamentes nur von fehr geringem Einflufs. Allein bei den fog. verfenkten Fundamenten, die ohne Baugrube hergeftellt werden, fpielt diefe Reibung nicht felten eine wichtige Rolle; es kommt bei bedeutender Mächtigkeit der zu Tage liegenden lockeren Bodenfchicht fogar vor, dafs das Fundament nur vermöge feiner Reibung in diefer Schicht die nöthige Standfeftigkeit erhält.

Der Reibungswiderftand, den ein Fundament im Boden erfährt und der von feinem lothrechten Druck abzuziehen ift, ift fehr verfchieden. Derfelbe hängt von der Form der Fundament-Bafis, von der Befchaffenheit der Fundament-Aufsenfläche, von der Fundirungs-Tiefe und von der Befchaffenheit der betreffenden Bodenfchichten ab; er beträgt je nach localen Verhältniffen (nach *Schmoll*) 0,19 bis 0,30 kg für 1 qcm (1900 bis 3000 kg für 1 qm).

361.
Ausweichen
des
Baugrundes.

Das feitliche Ausweichen des Baugrundes kommt in gröfserem Mafse nur bei ganz weichem Baugrunde vor oder dann, wenn das Bauwerk auf einen Erdabhang zu ftehen kommt. Mooriger, fchlammiger etc. Boden fteigt an allen Seiten einer aufgebrachten Laft empor und läfft die letztere immer tiefer einfinken[152]).

362.
Mittel
gegen das
Einfinken.

Um das Einfinken der Fundamente auf ein möglichft geringes Mafs zurückzuführen, find folgende Regeln zu beobachten.

1) Man fetze das Fundament auf eine möglichft wenig prefsbare Bodenfchicht.

Das ficherfte Verfahren befteht immer darin, dafs man das Fundament auf einer vollftändig tragfähigen Bodenfchicht — fei es unmittelbar oder mit Hilfe einzelner Stützen (Pfeiler, Pfähle, Brunnen etc.) — ausführt. Nur wenn die zu durchfetzende lockere Bodenfchicht eine fehr bedeutende Mächtigkeit hat, fo dafs die Erreichung der tragfähigen Schicht nur fehr fchwer oder nur mit fehr grofsen Koften möglich ift, follte es als zuläffig erachtet werden, dafs die erforderliche Standfeftigkeit des Fundamentkörpers durch den Reibungswiderftand, den er in der lockeren Bodenfchicht erfährt, erzielt werde.

[152]) Siehe die Fufsnote 151.

Mittel, einen möglichst wenig pressbaren Baugrund zu schaffen, sind:

α) Vermehrung der Fundirungs-Tiefe. Erfahrungsgemäss wächst in der Regel die Festigkeit des Bodens mit der Tiefe, zum nicht geringen Theile deshalb, weil der Druck, den eine Schicht von den darüber liegenden Schichten erfährt, um so grösser ist, in je grösserer Tiefe die betreffende Bodenschicht gelegen ist.

Durch eine grössere Gründungstiefe wird auch noch der weitere Vortheil erzielt, dass das seitliche Ausweichen des Bodens, welches von einem Emporsteigen desselben herrührt, geringer wird.

Mit Rücksicht auf das in Art. 323 (S. 232) Gesagte ist dieses Mittel nur dann mit Erfolg anzuwenden, wenn die betreffende festere Bodenschicht eine entsprechende Mächtigkeit hat. Bei geringerer Mächtigkeit derselben ist es im Gegentheile angezeigt, sie thunlichst wenig zu schwächen, also die Fundirungs-Tiefe so gering wie möglich anzunehmen.

β) Verbesserung stark pressbarer Bodenschichten. Es wurden bereits im vorhergehenden Kapitel (unter c) die Mittel angegeben, welche zur künstlichen Dichtung eines nachgiebigen Baugrundes, so wie zur Verhinderung des seitlichen Ausweichens lockerer Bodenarten dienen.

2) Man beachte, ob die Tragfähigkeit des Baugrundes auch für die Folge gesichert sei; nöthigenfalls treffe man die erforderlichen Vorkehrungen gegen eine Beeinträchtigung der Tragfähigkeit.

Eine Beeinträchtigung der Bodenfestigkeit kann hauptsächlich durch den Einfluss des Wassers, durch Gleichgewichtsstörungen in den tieferen Schichten des Baugrundes und durch anderweitige äussere Einflüsse hervorgerufen werden. Hiervon und von der Art und Weise, wie solchen Einflüssen begegnet werden kann, wird noch unter d die Rede sein.

363. Belastung des Baugrundes.

3) Die Belastung des Baugrundes für die Flächeneinheit soll möglichst klein sein, keinesfalls die grösste zulässige Druckbeanspruchung desselben überschreiten.

Im Allgemeinen ist zu beobachten, dass der vom Bauwerk auf den Baugrund ausgeübte Normaldruck nicht über ein Zehntel der Druckfestigkeit der Baugrundmasse betragen soll.

Bei ganz widerstandsfähigem Felsen kann man diesen Normaldruck auf den Baugrund eben so gross als die zulässige Pressung im Fundament-Mauerwerk selbst (7 bis 10 kg für 1 qcm) annehmen; sonst setzt man bei Felsen den grössten zulässigen Normaldruck im Mittel zu 5 bis 6 kg für 1 qcm an. Ferner ist bei Gründungen auf Gerölle, so wie auf compactem Thon- und Lehmboden, grobem und fest gelagertem Kies 3,5 bis 4,5 kg, bei Gründungen auf kleinkörnigem Kies und festem Sand 3 bis 4 kg für 1 qcm Nutzfläche zu rechnen.

Durch die Berliner Bauordnung vom Jahre 1853 ist die grösste zulässige Belastung des dortigen Baugrundes auf 2,5 kg für 1 qcm fest gesetzt; indess ist die Tragfähigkeit desselben eine grössere und lässt sich mit Sicherheit auf 3,5 kg bemessen; man ist in Berlin bei Kastengründungen auf scharfem Sande bis zu 5,12 kg für 1 qcm gegangen.

Bei Interimsbauten können die angegebenen grössten Pressungen um 40 bis 50 Procent höher angenommen werden; eben so kann man eine Vermehrung um etwa 25 Procent eintreten lassen, wenn die grösste Belastung des Baugrundes nur von Zeit zu Zeit, und nicht stossweise oder mit Erschütterungen verbunden, wirksam ist.

Wenn bei einem projectirten Fundamente die Rechnung, bezw. die statische Untersuchung ergiebt, dass die zulässige Belastung des Baugrundes für die Flächeneinheit überschritten ist, oder wenn man, um ein möglichst geringes Einsinken des Fundamentes zu erzielen, die Pressung des Baugrundes auf ein geringeres, als das grösste zulässige Mass herabmindern will, so muss man entweder durch Abändern der Gesammtanordnung des betreffenden Gebäudes oder durch entsprechende Vorkehrungen bei Construction und Ausführung des Fundamentes Abhilfe schaffen.

Die hauptſächlichſten Mittel, die Belaſtung des Baugrundes für die Flächeneinheit zu verringern, ſind folgende:

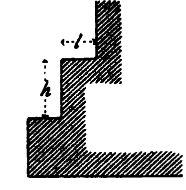
α) Man vertheilt, wenn dies angeht, den vom Bauwerk ausgeübten Druck auf mehrere Punkte und concentrirt ihn nicht an einer einzigen oder an nur wenigen Stellen. So kann man z. B. die Zahl der Stützen, auf denen das Bauwerk ruht, vermehren etc.

β) Man vergröſsert die Fundament-Baſis. Von dem Einfluſs, den die Gröſse der Fundament-Baſis auf die Conſtruction des Fundamentes ausüben kann, war zum Theile ſchon in Art. 357 (S. 247) die Rede.

Betrachtet man zunächſt die bei Hochbauten am häufigſten vorkommenden Fundamente, nämlich die aus Mauerwerk hergeſtellten, ſo erhält die Fundament-Baſis faſt ſtets einen gröſseren Flächeninhalt, als der zur Baſis parallele Querſchnitt des aufgehenden Mauerwerkes hat. Es geſchieht dies einerſeits deſshalb, um dem Mauerkörper durch eine gröſsere Baſis auch eine gröſsere Standfeſtigkeit zu verleihen; andererſeits darf die Druckbeanſpruchung des Baugrundes in der Regel die gröſste Preſſung im Mauerwerk nicht erreichen, und es muſs aus dieſem Grunde der Druck auf eine gröſsere Fläche vertheilt werden, mit anderen Worten eine Fundament-Verbreiterung eintreten. Derlei Fundament-Verbreiterungen werden nur ſelten ſtetig, meiſtens abſatzweiſe ausgeführt, wodurch man zur Anordnung der ſog. Fundament-Abſätze, Grundbänke oder Bankete (Fig. 626) gelangt.

Durch Anbringung eines, event. auch mehrerer Fundament-Abſätze kann man die Baſis in ſolcher Gröſse erhalten, daſs der daſelbſt vorkommende gröſste Normaldruck die zuläſſige Preſſung des Baugrundes nicht überſchreitet. Man kann indeſs, wenn man das Einſinken des Fundamentes noch weiter verringern will, eine noch beträchtlichere Verbreiterung des Fundamentes, d. i. eine Vermehrung der Zahl der Fundament-Abſätze vornehmen.

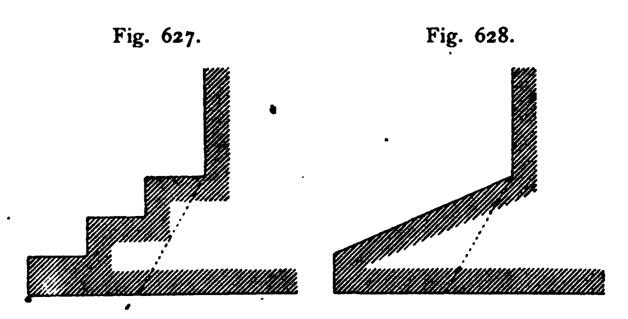
Fig. 626.



In Betreff der Breiten- und Höhenabmeſſungen der Fundament-Abſätze wird in der Praxis vielfach gefehlt. Die Vertheilung des Normaldruckes von einem kleineren Querſchnitt auf einen tiefer gelegenen, gröſseren Querſchnitt findet nämlich nur innerhalb gewiſſer Grenzen ſtatt, und eine Verbreiterung des Fundamentkörpers iſt nur dann von Werth, wenn dieſe Grenzen eingehalten werden; geht man über dieſelben hinaus, ſo iſt die betreffende Mauermaſſe nicht nur zwecklos, ſondern unter Umſtänden ſogar nachtheilig für den Beſtand des Fundamentes.

Theoretiſche Unterſuchungen zeigen, daſs die Vertheilung des vom Bauwerk ausgeübten Druckes in Form einer nach unten ſich erweiternden Pyramide vor ſich geht, deren Verjüngungsverhältniſs innerhalb der Grenzen 1 : 2 und 1 : 1 gelegen iſt. Erfahrungsgemäſs ſoll man das Verhältniſs 1 : 1 nur in beſonders günſtigen Fällen erreichen, während das Verhältniſs 1 : 2 unter allen Umſtänden genügt. Bringt man ſonach eine ſtetige Fundament-Verbreiterung an, ſo ſind die Begrenzungslinien auf Grundlage der eben angeführten Ziffern zu wählen. Werden Fundament-Abſätze angeordnet, ſo ſoll die Breite l die Höhe h derſelben wenn möglich nicht erreichen; es braucht aber auch die Breite nicht kleiner als die halbe Höhe zu ſein (Fig. 626). Fundament-Verbreiterungen, die nach einem gröſseren als dem angegebenen Verhältniſs angeordnet werden, bedingen einerſeits eine Mauerwerksverſchwendung; andererſeits können ſie auch ſchädlich wirken, da ſie unter Umſtänden Trennungen im Fundamentkörper herbeiführen (Fig. 627 u. 628).

Fig. 627. Fig. 628.



Hat man demnach ein Bauwerk (Fig. 629 u. 630), das eine untere Breite b_0 hat und den Normaldruck D auf den Baugrund ausübt, zu fundiren und iſt die gröſste zuläſſige Preſſung des Baugrundes für die Flächeneinheit K, ſo iſt — eine centriſche Lage der Druckrichtung D vorausgeſetzt — die Breite der Fundament-Baſis für die Länge = 1

$$b = \frac{D}{K}.$$

Sobald K kleiner iſt, als die zuläſſige Druckbeanſpruchung im Mauerwerk, ſo iſt $b > b_0$. Um die erforderliche Fundament-Breite zu erhalten, fängt man mit der Anordnung der Fundament-Abſätze möglichſt hoch oben (bei Bauwerken ohne unterirdiſche Räume nahe an der Erdoberfläche, ſonſt etwa in der Höhe der Kellerſohle) an. Iſt die in Ausſicht genommene Fundirungs-Tiefe t nicht zu klein und der

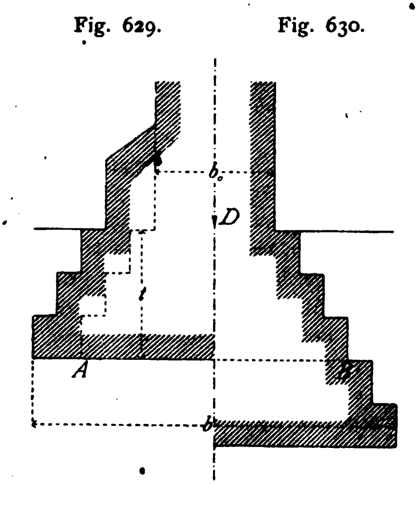


Fig. 629. Fig. 630.

Druck *D* nicht befonders grofs, fo wird man den beabfichtigten Zweck ohne Weiteres erreichen. Bei gröfserer Belaftung jedoch oder, wenn die tragfähige Schicht fchon in geringer Tiefe zu finden ift, kann man auf diefem Wege allerdings zu einer zu geringen Bafis-Breite *AB* ($< b$) gelangen. Ift nun ein Ueberfchreiten einer gewiffen Fundirungs-Tiefe *t* nicht zuläffig oder nicht wünfchenswerth, fo kann man zwar die Fundament-Breite in derfelben Tiefe auf das erforderliche Mafs vergröfsern, mufs aber alsdann auch eine entfprechende Verbreiterung des aufgehenden Mauerwerkes vornehmen (Fig. 629). Ift es dagegen vorzuziehen, die Fundirungs-Tiefe zu vergröfsern, fo legt man die Fundament-Bafis in folche Tiefe, dafs man bei zweckmäfsiger Geftaltung der Fundament-Abfätze die erforderliche Breite *b* erzielt (Fig. 630).

Die Vergröfserung der Fundament-Bafis wird nicht immer durch unmittelbare Verbreiterung des Fundament-Mauerwerkes vorgenommen; dazu dienen auch Sand- und Steinfchüttungen, Beton-Schichten und Schwellrofte.

γ) Man wendet fog. Erdbogen (fiehe Abfchn. 2, Kap. 2, b, 1) und umgekehrte Gewölbe (fiehe ebendaf., Kap. 2, a) an.

δ) Man vergröfsert die Fundirungs-Tiefe. Es wurde früher (unter β) gezeigt, wie durch eine vermehrte Gründungstiefe eine Vergröfserung der Fundament-Bafis und dadurch eine Verringerung des Druckes für die Flächeneinheit erreicht werden kann. Indefs ift eine Vermehrung der Fundirungs-Tiefe noch in anderer Weife wirkfam, da hierdurch der vom Erdreich auf den Fundamentkörper ausgeübte Druck gröfser wird; in Folge deffen ift auch der Reibungswiderftand ein gröfserer, und der Normaldruck, den das Fundament auf den Baugrund zu übertragen hat, wird geringer.

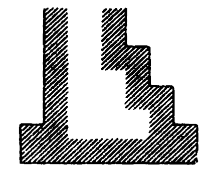
364. Gleichmäfsiges Setzen.

Um ein möglichft gleichmäfsiges Einfinken des Fundamentes zu erzielen, beobachte man folgende Regeln:

1) Ift der Baugrund gleichartig und die Belaftung eine überall gleiche, fo gebe man der Fundament-Bafis eine folche Geftalt, dafs fich der Normaldruck gleichmäfsig über diefelbe vertheilt. Es wurde bereits in Art. 356 (S. 246) gezeigt, dafs die Bafis alsdann fo geformt werden mufs, dafs die Refultante aus fämmtlichen dafelbft wirkfamen Kräften durch den Bafis-Schwerpunkt hindurchgeht.

Diefe Bedingung läfft fich indefs nur dann erfüllen, wenn die Druckrichtung eine unveränderliche ift. Wenn jedoch die Refultante fämmtlicher wirkfamen Kräfte in Folge von Wind- und Schneedruck, in Folge wechfelnder zufälligen Belaftungen etc. eine veränderliche Richtung hat, fo läfft fich die Fundament-Bafis nicht in der angegebenen Weife anordnen, und es wird in gewiffen Fällen eine ungleichmäfsige Druckvertheilung eintreten. Diefer Uebelftand wird dann am wenigften nachtheilig fein, wenn man die Fundament-Bafis fo geftaltet, dafs ihr Schwerpunkt von jener Refultanten getroffen wird, die den gröfsten Normaldruck ergiebt.

Fig. 631.



Das Beftreben, den Druck thunlichft gleichmäfsig auf die Fundament-Bafis zu vertheilen, kann auch zu unfymmetrifcher Anordnung von Fundament-Abfätzen (Fig. 631) führen, indem man an jener Seite eine gröfsere Zahl derfelben anbringt, an der die urfprünglich excentrifche Druckrichtung dies erfordert.

2) Ift der Baugrund zwar gleichartig, die Belaftung dagegen an verfchiedenen Stellen des Bauwerkes eine verfchiedene, fo mufs man durch ungleichartige Anordnung und Conftruction der einzelnen Fundamenttheile eine thunlichft gleichmäfsige Beanfpruchung des Baugrundes zu erzielen trachten. Wo die Belaftung eine gröfsere ift, verbreitere man die Fundament-Bafis oder vergröfsere die Gründungstiefe [153]);

[153]) Für die Gründung des Reichstagshaufes in Berlin war, nach Mafsgabe der im Herbft 1883 vorgenommenen Bohrungen, beftimmt, dafs die Sohlen der minder belafteten Theile auf $+ 31{,}2$ bis $+ 31{,}8$ m über Normal-Null, diejenige der 4 Eckthürme und der Kuppel auf $+ 30{,}0$ m über Normal-Null anzulegen feien.

oder aber man concentrire in den weniger belafteten Theilen des Bauwerkes den Normaldruck an einzelnen Stellen, ordne Erdbogen an etc.

Man kann auch durch die Gefammtanlage eines Gebäudes das ungleichmäfsige Setzen deffelben vermeiden, wenn man beachtet, wie fich die Laften auf ihre Unterftützungen vertheilen. So z. B. haben Mittelwände und einzelne Freiftützen im Inneren der Gebäude häufig einen wefentlich gröfseren Druck aufzunehmen und auf den Baugrund zu übertragen, als die Aufsenwände. Man kann unter Umftänden durch eine anderweitige Grundrifsanordnung eine gleichmäfsigere Vertheilung der Laften erzielen.

3) Ift der Baugrund nicht gleichartig, fo mufs man gleichfalls durch verfchiedene Anordnung und Conftruction der einzelnen Fundamenttheile die fonft unausbleiblichen fchädlichen Einfenkungen deffelben verhüten.

Ein ungleichartiger Baugrund bringt am leichteften ungleichmäfsige Senkungen im Fundamentkörper hervor. Diefelben bewirken, dafs die an der Bafis gelegenen Fundamenttheile auf Biegung beanfprucht werden; gewöhnliches Fundament-Mauerwerk widerfteht biegenden Kräften nur wenig; felbft gröfsere Fundament-Quader brechen erfahrungsgemäfs unter dem Einflufs folcher Kräfte. Ein Zerreifsen und Zerbrechen des Fundamentes ift fonach häufig die Folge ungleichmäfsiger Setzungen.

Um die letzteren zu vermeiden, können je nach örtlichen Verhältniffen hauptfächlich dreierlei Mittel in Anwendung kommen:

α) An jenen Stellen, wo der Baugrund nachgiebiger ift, trachtet man durch Fundament-Verbreiterung oder durch Vergröfserung der Fundirungs-Tiefe den Druck für die Flächeneinheit um fo viel zu reduciren, dafs die Preffung des ungleichartigen Baugrundes an allen Punkten nahezu diefelbe ift.

β) Man wählt eine Fundament-Conftruction, welche biegenden Kräften beffer zu widerftehen geeignet ift, als Mauerwerk, wie: Sandfchüttungen, Betonlagen und Schwellrofte.

γ) Bei gröfseren Gebäuden wendet man in den einzelnen Theilen, der verfchiedenen Befchaffenheit des Baugrundes entfprechend, auch verfchiedene Gründungs-Conftructionen an. Die verfchieden fundirten Gebäudetheile werden alsdann am beften ftumpf an einander geftofsen, damit die vorkommenden ungleichmäfsigen Senkungen in den einzelnen Theilen unabhängig von einander eintreten können und keine fchädlichen Trennungen im Mauerwerk hervorbringen. Erft wenn das Setzen ftattgefunden hat, findet ein entfprechender Höhenausgleich und eine Vereinigung der einzelnen Theile ftatt.

Beifpiele. a) Für die Fundirung der Univerfitäts-Inftitute an der Dorotheen-Strafse in Berlin ergaben forgfältige Bodenunterfuchungen, dafs einft ein Wafferlauf der Spree das Grundftück von Südoft nach Nordweft durchzogen haben mufste. Der tragfähige Baugrund fällt von 2,5 m unter Terrain in der neuen Wilhelm-Strafse Anfangs allmählich, dann aber fehr rafch bis zu einer Tiefe von 20 m; in gleicher Weife fenkt fich der tragfähige Sand von der Dorotheen-Strafse nach dem Ufer der Spree hin.

Diefen Verfchiedenheiten entfprechend wurden folgende Fundirungs-Arten in Anwendung gebracht: mittlerer Theil des Mittelbaues vom phyfiologifchen Inftitut — gemauertes Fundament in einer Tiefe von 1 m unter Grundwaffer, ausgeführt bei Wafferfchöpfen; übrige Theile des Mittelbaues und der füdliche Flügel des phyfiologifchen Inftitutes — Boden unter Waffer ausgebaggert, dann betonirt und das Waffer ausgepumpt; nördlicher Theil des Oftflügels und die um das grofse Auditorium nordöftlich und öftlich gruppirten Bautheile — hölzerne Senkröhren; übriger Theil der Bauanlage — Pfahlroft (mit Pfählen bis 16 m Länge); Präcifions-Arbeitsfitze — Senkbrunnen[154]).

b) Auch beim Bau des neuen Reichstagshaufes in Berlin wurden in den einzelnen Theilen, der verfchiedenartigen Befchaffenheit des Baugrundes und den verfchiedenen Belaftungen der einzelnen Gebäudetheile entfprechend, verfchiedene Gründungsmethoden in Anwendung gebracht, und zwar: gewöhnliche gemauerte Fundamente, Fundament-Mauerwerk mit Gegenbogen, Beton-Gründung und Beton-Pfahlroft[155]).

c) Sicherheit gegen feitliches Verfchieben.

Das feitliche Verfchieben oder das Abgleiten des Fundamentes kann eintreten:

1) durch unzweckmäfsige Lage der Fundament-Bafis,

2) durch den Einflufs des Waffers, durch Gleichgewichtsftörungen in den oberen Bodenfchichten und durch anderweitige äufsere Einflüffe.

An diefer Stelle wird nur von dem unter 1 angeführten Factor die Rede fein.

---

[154]) Näheres hierüber: Kleinwächter. Die Fundirung der Univerfitäts-Inftitute in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 359.

[155]) Näheres hierüber: Der Bau des Reichstagshaufes in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 25.

365.
Mittel gegen Verſchieben.

Damit eine ſeitliche Verſchiebung des Fundamentes nicht eintrete, ſind folgende Regeln zu beobachten:

1) Man lege die Fundament-Baſis normal zur herrſchenden Druckrichtung. Von dieſer Lage der Fundament-Baſis, die man auch die theoretiſche nennen kann, wurde ſchon in Art. 355 (S. 245) geſprochen.

Wenn ein Bauwerk oder ein beſtimmter Conſtructionstheil deſſelben nur lothrechte Laſten zu tragen hat, ſo iſt auch auf den Baugrund nur ein lothrechter Druck zu übertragen, und die Fundament-Baſis wird vortheilhafter Weiſe wagrecht gelegt. Treten jedoch noch ſeitliche Schübe, wie Erddruck, Gewölbſchub, Winddruck etc. hinzu, ſo nimmt die Reſultante aus ſämmtlichen auf die Fundament-Baſis wirkenden Kräften eine von der lothrechten abweichende Richtung an. Sind nun lothrechte und wagrechte Kräfte unveränderlich, ſo iſt auch die Reſultante unveränderlich, und man kann dem ſeitlichen Verſchieben des Fundamentes dadurch vorbeugen, daſs man die Baſis winkelrecht zur Richtung der Reſultanten anordnet oder doch nur wenig (vergl. Art. 355, S. 245) von dieſer Lage abweicht.

Dies ſetzt voraus, daſs man es bei Conſtruction und Ausführung des Fundamentes in der Hand hat, unter Aufwendung verhältniſsmäſsig geringer Koſten der Baſis eine beliebige Lage zu geben.

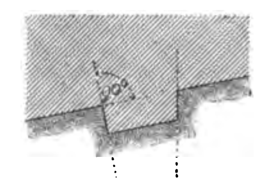
Bisweilen ſind die Kräfte, namentlich die wagrechten Kräfte, die ein Bauwerk, bezw. einen Conſtructionstheil beanſpruchen, veränderlich (Winddruck, ſeitliche Schübe, die von zufälligen Laſten herrühren etc.); alsdann hat auch die auf die Fundament-Baſis wirkſame Reſultante eine variable Richtung. Erreichen die Differenzen die Gröſse des Reibungswinkels nicht, ſo wird man eine zweckentſprechende Anordnung erhalten, wenn man die Baſis winkelrecht zur mittleren Druckrichtung legt. Sind die Schwankungen gröſsere, ſo wird man zwar der Fundament-Baſis eine ähnliche Lage geben, wird aber dem ſeitlichen Verſchieben durch andere Vorkehrungen vorbeugen.

2) Iſt es aus irgend welchen Gründen nicht zuläſſig oder nicht wünſchenswerth, von einer beſtimmten, den herrſchenden Druckverhältniſſen nicht entſprechenden Lage der Fundament-Baſis abzuweichen, ſo muſs man durch anderweitige Vorkehrungen ein Abgleiten des Fundamentes verhüten.

Derlei Vorkehrungen ſind:

α) Man vermehrt das Gewicht des zu fundirenden Bauwerkes. Hierdurch wird die Reſultante in günſtigem Sinne abgelenkt, die zur Fundament-Baſis winkelrechte Componente wird gröſser, ſonach die Reibung vermehrt.

Fig. 632.



β) Man vermehrt in anderer Weiſe die Reibung des Fundamentes auf dem Baugrund. Es kann dies durch hervortretende Schwellen und Pfähle geſchehen oder dadurch, daſs man das Fundament-Mauerwerk zahnförmig (Fig. 632) in den Baugrund eingreifen läſst.

Solche Fundament-Zähne ſollten nicht unter 30 cm, beſſer nicht unter 50 cm Tiefe und nicht unter 60 cm, beſſer nicht unter 1 m Länge haben.

γ) Man vergröſsert die Fundirungs-Tiefe. Hierdurch wird einerſeits gleichfalls in dem ſchon unter α gedachten Sinne das Gewicht des Bauwerkes vermehrt; andererſeits wirkt der Erdkörper, welcher vor der herrſchenden Druckrichtung gelegen iſt, durch den ſog. paſſiven Erddruck gegen das Abgleiten des Fundamentkörpers[156]).

δ) Man bringt an der am tiefſten gelegenen Stelle des Bauwerkes einen ſo groſsen Mauerkörper an, daſs dieſer durch ſeine Maſſe allein das Abgleiten des Fundamentes zu verhüten im Stande iſt.

ε) Wenn ein lang geſtrecktes Fundament im Weſentlichen nur lothrechte Drücke zu übertragen hat und wenn daſſelbe auf einem zwar widerſtandsfähigen, jedoch ſtark geneigten Baugrund MN (Fig. 633) herzuſtellen iſt, ſo würde ein unmittelbares Auffetzen des Fundament-Mauerwerkes auf die ſtark abfallende Boden-

---

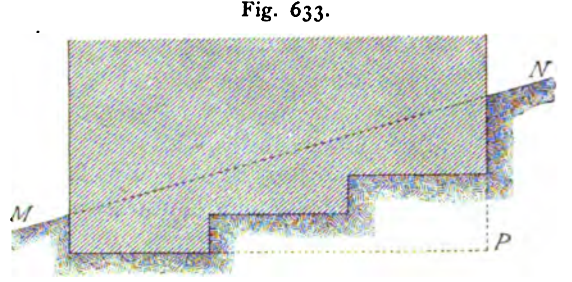
156) Nach *Ott*'s Baumechanik (I. Theil, 2. Aufl. Prag 1877) läſst ſich die in dieſem Falle erforderliche Fundirungstiefe t berechnen aus der Gleichung

$$t = \frac{1{,}414}{f + \sqrt{1 + f^2}} \sqrt{\frac{2H - (G + 2V)f}{\gamma}},$$

worin G das Eigengewicht des Fundament- und des darüber aufgeführten aufgehenden Mauerwerkes, V die Reſultante der ſonſt wirkſamen lothrechten Kräfte, H die Reſultante aus den das Bauwerk angreifenden Horizontalkräften, γ das Gewicht der Volumeinheit Bodenmaterial und f den Reibungs-Coefficienten des letzteren bezeichnet. Bei naſſem Erdreich iſt der kleinſte Werth von $f = 0{,}3$ einzuführen; der gröſste Werth iſt zu $0{,}65$ anzunehmen.

fläche ein Abgleiten desselben zur Folge haben. Wollte man andererseits eine stetig fortlaufende Basis *MP*, welche den theoretischen Anforderungen entspricht, zur Ausführung bringen, so wird das Volum des Fundamentkörpers wesentlich vermehrt, der letztere also vertheuert, und auch die Aushebung der Fundament-Grube wird kostspieliger, letzteres namentlich dann, wenn der Baugrund felsig ist.

Fig. 633.



In einem solchen Falle treppe man das Terrain ab, und zwar derart, dass die Begrenzungen der einzelnen Stufen normal, bezw. parallel zur herrschenden Druckrichtung gelegen sind. Haben die einzelnen Stufen eine grössere Länge und ist das zu fundirende Bauwerk stark belastet, so ist der über jeder Stufe stehende Mauerkörper unabhängig von den benachbarten auszuführen. Würde die Mauerung im Verbande geschehen, so würde das den verschiedenen Höhen entsprechende, ungleichmässige Setzen Trennungen im Mauerwerk hervorrufen. (Vergl. auch Art. 364, S. 243.)

d) Sicherheit gegen äussere Einflüsse.

Aeussere Einflüsse, welche den Bestand der Fundamente gefährden können und die in Folge dessen für deren Construction und Ausführung massgebend sind, rühren zumeist vom Wasser, von Gleichgewichtsstörungen in den oberen Bodenschichten und von Gleichgewichtsstörungen, welche in den tieferen Bodenschichten durch unterirdische Baue hervorgerufen werden, her.

366. Einfluss des Wassers.

1) Einfluss des Wassers. Derselbe macht sich in mehrfacher Weise geltend:

α) Die natürliche Bodenfeuchtigkeit wird im Winter dadurch schädlich, dass der Frost den Baugrund auflockert und denselben nachgiebiger macht. Nur wenige, vollkommen frostbeständige Felsarten widerstehen diesem Einfluss.

β) Das Grundwasser steigt im Fundament-Mauerwerk, event. auch im aufgehenden Mauerwerk empor, veranlasst den feuchten Zustand der Wände und der von denselben umschlossenen Räume. Constructions-Materialien, welche der Feuchtigkeit nicht genügend widerstehen können, werden angegriffen, wodurch der Bestand des Bauwerkes gefährdet werden kann. Kohlensäurehaltiges Wasser, eben so feuchter Boden, der organische, in Verwesung begriffene Stoffe enthält, wirken besonders zerstörend auf das Mauerwerk ein. Unter Umständen tritt das Grundwasser auch in die unterirdischen Räume der Gebäude — seitlich oder durch die Kellersohle — ein. (Siehe auch Art. 329, S. 234.)

γ) Quellen und sonstige Wasseradern, welche den Baugrund durchsetzen, führen eine Erweichung desselben mit sich; in Folge dessen tritt eine Senkung des Fundamentes ein.

In geschichteten, sonst widerstandsfähigen Felsarten können Wasseradern auch dann einen schädlichen Einfluss ausüben, wenn sie von geneigten Thon- oder Lehmschichten durchsetzt sind. Die letzteren werden durch das Wasser schlüpfrig, und es kann im Laufe der Zeit ein Abrutschen des Fundamentes eintreten [157]).

Quellen und anderes den Boden durchfliessendes Wasser [158]) können auch ein

157) Bei den Bergrutschungen zu Caub (1876), wo die Gebirgs-Formation aus Thonschiefer mit eingelagerten Dachschieferflötzen besteht, war die auf der nordwestlichen Seite zu Tage tretende Lettenschicht durch die vorhergehenden anhaltenden Regengüsse wie mit Seife geschmiert und hatte den Fels- und Schuttmassen als Rutschfläche gedient. (Vergl. Deutsche Bauz. 1876, S. 291.)

158) Hierzu gehört auch das Wasser, welches aus Fluss- und Strombetten in die Uferwandungen sickert, was namentlich bei Hochwasser eintritt und auf den Bestand von auf den Ufern errichteten Bauwerken zerstörend wirken kann.

Mehrere der alt-ägyptischen Denkmalbauten, wie z. B. der Palast von Karnak, die meisten Monumente Thebens etc.

Unterfpülen des Fundamentes und diefes wieder eine beträchtliche Senkung des letzteren zur Folge haben [159]).

Ein Baugrund mit ungleichem Waffergehalt, welcher nicht gleichmäfsig entwäffert wird, kann eine ungleiche Senkung oder — bei eintretendem Froft — felbft eine ungleiche Hebung von Gebäudetheilen veranlaffen, wodurch ein Reifsen des Mauerwerkes eintritt [160]).

δ) Offenes, insbefondere das fliefsende und das wellenfchlagende Waffer können bei fortgefetztem Angriff ein Unterwafchen des Fundamentes herbeiführen. Diefer Punkt wird fonach bei Hochbauten, die an und in Teichen, Seen, Flüffen, oder am Meeresufer zu errichten find, befonders zu berückfichtigen fein.

ε) Bisweilen ift auch der vom Waffer erzeugte Auftrieb für Conftruction und Ausführung der Fundamente von Einflufs. Kommt ein Bauwerk unmittelbar auf Felfen oder auf eine fonftige wafferundurchläffige Bodenart zu ftehen, fo ift ein Auftrieb nicht vorhanden. Wenn jedoch das betreffende Bodenmaterial vom Waffer durchzogen wird, ift in vielen Fällen der Auftrieb in Betracht zu ziehen.

Diefen verfchiedenartigen nachtheiligen Einflüffen des unter- und oberirdifchen Waffers mufs in geeigneter Weife begegnet werden. Es find in diefer Beziehung nachftehende Regeln zu beobachten.

Ad α). Die Fundament-Bafis ift in froftfreie Tiefe zu legen. In unferen Klimaten dringt der Froft meift nur in eine Tiefe von 0,8 bis 1 m ein; defshalb ift mindeftens eine Fundirungs-Tiefe von 1 bis 1,25 m zu wählen.

Bei allen wichtigeren Bauwerken ift die gröfsere der beiden angegebenen Grenzziffern zu verwenden; nur bei Nebengebäuden, bei Einfriedigungen etc. kann man eine geringere Gründungstiefe wählen. Bei vollkommen froftbeftändigem Felfen kann man auch unter 1 m Tiefe gehen.

Ad β). Dem fchädlichen Einflufs des Grundwaffers mufs durch entfprechende Dichtungs- und Entwäfferungs-Anlagen, fo wie durch Wahl geeigneter Conftructions-Materialien vorgebeugt werden.

Damit das Grundwaffer im Mauerwerk nicht emporfteige, bringe man fog. Ifolirfchichten an, von denen noch im nächften Bande diefes »Handbuches« (Abth. III, Abfchn. 1, A, Kap.: Schutz gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüffe) die Rede fein wird.

Das Fundament-Mauerwerk foll ferner möglichft wafferdicht nach den Seiten hin abfchliefsen, damit kein Waffer in die Souterrain-Räume eindringe; es kann dies durch möglichft wafferdichte Mauerung, noch beffer durch Anlage von Luftgräben und durch zweckmäfsige Entwäfferungs-Anlagen aufserhalb des Fundament-Mauerwerkes erzielt werden. Das Grundwaffer darf auch nicht durch die Kellerfohle emporfteigen, was durch Lehmfchlag- und Beton-Schichten, durch umgekehrte und entfprechend gedichtete Gewölbe, beffer

---

find hauptfächlich defshalb in Verfall gerathen, weil ihre ohnedies nicht fehr forgfältig ausgeführten Fundamente vom Nil-Waffer, welches bei den periodifchen Ueberfchwemmungen in das Ufergelände einfickert, einen zerftörenden Einflufs erfahren haben.

159) Die fchon in der Fufsnote 150 (S. 248) erwähnten *Hagen*'fchen Verfuche bezogen fich auch auf den Einflufs, den Waffer auf einige Bodenmaterialien ausübt.

Liefs man in eine Schüttung von trockenem Sande Waffer von unten eintreten und diefes mit einer Druckhöhe wirken, welche fich etwa 3 cm über die Oberfläche erhob, fo verlor der Sand alle Feftigkeit und quoll ftellenweife hoch auf. Liefs man aber das Waffer von oben nach unten durch die Maffe fliefsen, fo ergab fich eine bedeutend gröfsere Tragfähigkeit.

Beim Durchlaffen von Waffer durch die Sandfchicht von unten wird die Tragfähigkeit immer noch etwas gröfser, als bei trockenem Sande, der lofe aufgefchüttet wird, aber kleiner als bei trockenem, feft geftampftem Sande, indeffen nur fo lange, als die Druckhöhe des Waffers fich nicht auf mehr als einige Millimeter über die Oberfläche des Sandes erhebt und die Oberfläche nicht mehr auffpült.

Beim Durchfliefsen des Waffers von oben nach unten wird die Tragfähigkeit 4- bis 5-mal fo grofs, als bei trockenem, lofe aufgefchüttetem Sande.

Die Verfuche mit verfchiedenen, auch fehr fteifen Thonarten ergaben, dafs diefelben fich ähnlich wie Flüffigkeiten verhalten, dafs die Tragfähigkeit nahe dem Gewichte der verdrängten Thonmaffe gleich ift und ein auf Thon gelagertes Gebäude fomit eigentlich immer fchwimmt. Es fcheint fich ferner aus diefen Verfuchen zu ergeben, dafs für verfchiedene drückende Flächen die Einfenkungen den Quadraten diefer Flächen umgekehrt proportional find.

160) Als Beifpiel kann u. A. ein in Oberheffen erbautes Bahnwärterhaus der Main-Wefer-Bahn angeführt werden, wovon ein Theil durch das in der wafferführenden Bodenfchicht gebildete Eis gehoben und dadurch von dem in feiner früheren Lage verbliebenen Theile abgeriffen wurde.

durch die oben erwähnten Entwässerungs-Anlagen (vergl. Art. 347 u. ff., S. 243) zu geschehen hat. Auch solche Constructionen werden später noch zu besprechen sein.

Um den zerstörenden Einfluss der Feuchtigkeit auf die Constructions-Materialien zu verhüten, müssen dieselben in entsprechender Weise gewählt, bezw. in geeigneter Weise verwendet werden. In letzterer Beziehung ist namentlich bei Anwendung von Holz zu beachten, dass dasselbe stets unter Wasser bleibe und nicht dem schädlichen Wechsel von Nässe und Trockenheit ausgesetzt werde. Die Oberkante jeder hölzernen Fundament-Construction soll deshalb mindestens 30, besser 50 bis 75 cm unter dem niedrigsten Grundwasserspiegel gelegen sein. Es ist stets die grössere Ziffer, wenn nöthig eine noch tiefere Lage der Holz-Construction zu wählen, wenn die Möglichkeit vorliegt, dass durch Anlage einer städtischen Canalisation, durch Tieferlegung des nächst gelegenen Recipienten etc. eine Senkung des Grundwasserspiegels eintreten könnte.

Ad γ). Ist der Baugrund von Wasseradern durchsetzt, so gehe man entweder mit der Fundament-Basis bis unter die wasserführende Schicht, oder besser man entwässert die letztere in der schon in Art. 347 (S. 243) besprochenen Weise. Sind Quellen vorhanden, so fasse man sie, wie an derselben Stelle gleichfalls schon gesagt wurde, oberhalb des Fundamentes derart ab, dass ihr Abfluss keine Störung erleidet.

Erforderlichen Falles kann auch durch eine Spundwand-Umschliessung das seitliche Ausweichen des Baugrundes oder auch ein Auswaschen desselben verhütet werden.

Ad δ). Bei Gründungen am und im stehenden oder fliessenden Wasser verhüte man das Unterwaschen des Fundamentes durch eine entsprechend tiefere Gründung, durch Umschliessung mit einer Spundwand und durch Steinschüttung.

Wenn man die Fundament-Basis in eine solche Tiefe verlegt, in der das Wasser eine sehr geringe Geschwindigkeit hat, in der es also überhaupt keinen Angriff auf den Boden ausübt, so ist der beabsichtigte Zweck erreicht.

Spundwände (siehe Art. 154 u. ff., S. 109) werden entweder vollständig dicht hergestellt, oder sie umschliessen das Fundament in solcher Weise, dass jede nachtheilige Bewegung des Wassers vermieden wird. Beide Anordnungen werden in vielen Fällen genügen. Doch thut man auch hier besser, wenn man mit dem Fundamente in solche Tiefe herabgeht, in welcher das Wasser nur eine geringe Strömung hat; denn die Spundwand schützt zwar den Boden unter dem Fundamente gegen Fortspülung; allein ein seitliches Fortspülen des Bodenmaterials um die Spundwand herum und das dadurch hervorgerufene Ausweichen derselben wird nicht verhütet.

Steinschüttungen müssen aus so grossen Steinen gebildet werden, dass sie vom Wasser nicht fortbewegt werden [161]). Die Steinschüttungen kommen entweder allein oder in Verbindung mit Spundwänden zur Verwendung. Im letzteren Falle haben sie die Standfestigkeit der Spundwände zu erhöhen und das Wegspülen des Bodenmaterials um dieselben herum zu verhüten.

Auch hier müssen hölzerne Constructionstheile des Fundamentes stets unter Wasser sein und deshalb ihre Oberkante mindestens 50 cm unter den bekannten niedrigsten Wasserstand gelegt werden.

Ad ε). Dem vom Wasser erzeugten Auftriebe muss eine solche Masse entgegengesetzt werden, dass sich beide das Gleichgewicht halten. Soll z. B. die Sohle eines Reservoirs oder sonstigen Beckens durch das Grundwasser nicht gehoben werden, so muss der Baukörper, der die Sohle bildet, eine solche Dicke erhalten, dass sein Gewicht mindestens eben so gross ist, als der wirksame Auftrieb. In gleicher Weise ist zu verfahren, wenn eine Baugrube trocken gelegt und durch einen wasserdichten Baukörper die Wasserzuströmung auf ihrer Sohle verhindert werden soll.

Die Dicke d solcher, dem Auftrieb entgegenwirkenden Baukörper (meist Mauer- und Beton-Schichten) lässt sich aus der Gleichung

$$d = \frac{t}{\gamma}$$

161) Stellt man sich die Steine als Würfel von der Kantenlänge a vor, so muss

$$a > \frac{\gamma}{2 \gamma_0 g f} v^2$$

sein, wenn γ das Gewicht der Volumeinheit Wasser, γ_0 das Gewicht der Volumeinheit Stein, v die Geschwindigkeit des Wassers, g die Beschleunigung der Schwere und f den betreffenden Widerstands-Coefficienten bezeichnet. Der Coefficient von v kann im Mittel zu 10 angenommen werden.

berechnen, wenn t die Höhe der drückenden Wafferfäule (die Waffertiefe) und γ das Gewicht der Volumeinheit des betreffenden Baukörpers bezeichnet. Indefs erhält man auf diefe Weife ftets eine zu grofse Dicke, weil das Waffer zwifchen den Bodentheilchen einen Widerftand erfährt und defshalb feine Bewegungsgefchwindigkeit kleiner ift, als jene, welche der wirkfamen Druckhöhe entfprechen würde. Bei grobem Kiesboden wird in Folge deffen die nach aufwärts wirkfame Kraft auf etwa die Hälfte, bei fandigem Baugrund auf etwa ein Drittheil des theoretifchen Auftriebes herabgemindert. Meiftens wird defshalb fchon die Hälfte der nach obiger Formel berechneten Dicke genügen [162]).

Wirken auf ein Bauwerk aufser lothrechten auch wagrechte Kräfte, fo find bei Auffuchung der Gefammtrefultanten die lothrechten Kräfte um das Mafs des Auftriebes zu verringern.

367. Gleichgewichtsftörungen im Baugrund.

2) Gleichgewichtsftörungen in den oberen Bodenfchichten. Diefelben können hervorgebracht werden:

α) Durch örtliche Veränderungen, die in den meiften Fällen durch Bodeneinfchnitte und fonftige Erdarbeiten entftehen, und ein Abgleiten des Bauwerkes erzeugen können.

β) Durch Wafferanfammlung in den tieferen Theilen der Erdrinde; hierdurch wird nicht felten ein Angriff und eine Löfung der zu Tage liegenden Erdfchicht hervorgerufen, welche ein Nachfinken höher gelegener Schichten und der darauf gegründeten Bauwerke zur Folge haben kann [163]).

γ) Gleichgewichtsftörungen in den tieferen Bodenfchichten. Die hier in Frage kommenden Gleichgewichtsftörungen find hauptfächlich diejenigen, welche durch unterirdifche Baue, wie Bergwerks- und Wafferftollen, Tunnel etc., fo wie durch die damit verbundenen Wafferentziehungen und Einbrüche hervorgebracht werden [164]).

Durch folche Einflüffe kann eben fo ein Berften des Fundamentes, wie ein Abgleiten deffelben ftattfinden.

Um in allen derartigen Fällen die zu errichtenden Gebäude vor einer fpäteren Gefährdung nach Thunlichkeit zu fchützen, mufs man Conftructionen und Sicherungen ausführen, bei denen auf die Möglichkeit einer fpäter eintretenden Lagenveränderung Rückficht genommen ift. Allgemeine Regeln laffen fich hierbei nicht aufftellen, da die mafsgebenden örtlichen Verhältniffe ungemein verfchieden find. Es läfft fich an diefer Stelle nur allgemein fagen, dafs man dem Abgleiten die entfprechenden Maffen, dem Berften des Fundamentes Conftructionen entgegenfetzen mufs, die eine gröfsere Zugfeftigkeit haben, als Mörtelmauerwerk.

In Theil III, Bd. 6 (Abth. V, Abfchn. 1, Kap. 3) wird von der Einwirkung der Bodenfenkungen auf Gebäude und den Sicherungen dagegen noch eingehend die Rede fein.

e) Fundirungs-Tiefe.

368. Fundirungs-Tiefe.

Es war im Vorhergehenden mehrfach Anlafs, von der Gröfse der Fundament-Tiefe und von einigen Factoren, welche diefelbe beeinfluffen, zu fprechen. Es dürfte

162) Vergl. auch: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 85.

163) Als Beifpiele von Bauwerken, welche durch Gleichgewichtsftörungen in den oberften Bodenfchichten gelitten haben, können die von den Bergrutfchen zu Aachen etc. berührten Gebäude genannt werden.

164) Der unterhöhlte Baugrund in den Kohlenrevieren Rheinlands und Weftphalens hat mehrfach fchädliche Veränderungen erlitten. Die Stadt Effen fteht auf einem Terrain, das der Steinkohlen-Formation angehört, von mehreren Kohlenflötzen durchfetzt und von einer Kreidemergelfchicht überlagert ift. Durch den Abbau jener Kohlenflötze erfährt die Mergelfchicht theils durch Wafferentziehung, theils durch zeitweife Einbrüche örtliche Einfenkungen. Die Gebäude kommen alsdann entweder auf die durch die Einfenkungen gebildeten Mulden oder auf die betreffenden Sattel zu ftehen und werden hierbei einer Biegung ausgefetzt, welche ein Reifsen der unteren Mauerfchichten und ein Klaffen der Stofsfugen nach unten oder oben zur Folge hat.

indeſs nicht überflüſſig ſein, die hierbei zu beobachtenden Regeln nochmals zuſammenzufaſſen und durch die noch nicht erwähnten Geſichtspunkte zu ergänzen[165]).

1) Das Fundament iſt, wenn irgend möglich, auf die tragfähige Bodenſchicht — ſei es direct oder mittels einzelner Stützen (Pfeiler, Pfähle, Brunnen etc.) — zu ſetzen. Nur im Nothfalle verſuche man es, durch die Reibung des Bodenmaterials an den Auſsenflächen des Fundamentes allein die erforderliche Standfeſtigkeit deſſelben zu erzielen (vergl. Art. 360, S. 249).

2) Die Fundament-Baſis muſs in froſtfreier Tiefe gelegen ſein (vergl. Art. 366, S. 255).

3) Man wähle eine über das geringſte zuläſſige Maſs hinausgehende Fundirungs-Tiefe[166]), wenn man:

α) eine noch feſtere Bodenſchicht erreichen will (vergl. Art. 362, S. 250);

β) wenn man durch eine gröſsere Fundament-Verbreiterung den vom Fundament zu übertragenden Druck auf eine gröſsere Fläche vertheilen will (vergl. Art. 363, S. 251);

γ) wenn man den Reibungswiderſtand zwiſchen dem Bodenmaterial und den Auſsenflächen des Fundamentes vermehren will (vergl. Art. 363, S. 252);

δ) wenn man ein Abgleiten des Fundamentes durch den Einfluſs des ſog. paſſiven Erddruckes verhüten will (vergl. Art. 365, S. 254).

ε) wenn die Sohle der im Gebäude etwa anzulegenden unterirdiſchen Räume tiefer gelegen iſt, als die obere Begrenzung der tragfähigen Bodenſchicht, und

ζ) wenn das ſeitliche Ausweichen und Emporſteigen des Baugrundes verringert werden ſoll (vergl. Art. 362, S. 250).

4) Man führe das Fundament in eine ſolche Tiefe hinab, daſs es vom ſchädlichen Einfluſſe des Waſſers bewahrt bleibt (vergl. Art. 366, S. 255).

369. Einfluſs der Fundirungs-Tiefe.

Von der Fundirungs-Tiefe hängt zum groſsen Theile die Conſtruction und Ausführung des Fundamentes ab. Für geringere Tiefen werden aufgebaute Fundamente (in ausgeſchachteter Baugrube von unten nach oben hergeſtellt), bei gröſseren Tiefen verſenkte Fundamente (in den Boden eingetrieben oder mittels Grabe- und Baggerarbeit geſenkt) angewendet.

f) Gründungsmethoden.

370. Wahl der Gründungsmethode.

Die Wahl der Gründungsmethode hängt ab:

1) von der Natur des betreffenden Gebäudes und von der Art und Weiſe, wie daſſelbe den Baugrund beanſprucht (Eigengewicht des Gebäudes, ruhende und bleibende oder wechſelnde und ſtoſsende Belaſtung, Erſchütterungen etc.);

2) von den Anſprüchen an die längere oder kürzere Zeit dauernde Erhaltung des Gebäudes (definitive und Interimsbauten, monumentale Bauwerke, einfachen Zwecken dienende Profanbauten etc.);

3) von der Beſchaffenheit des Baugrundes;

4) von dem Vorhandenſein von Waſſer (ob Grundwaſſer, offenes flieſsendes, wellenſchlagendes etc. Waſſer) und anderen äuſseren, den Baugrund beeinfluſſenden Factoren;

5) von den verfügbaren Bauſtoffen, maſchinellen und ſonſtigen Hilfsmitteln;

6) von der verfügbaren Bauzeit, und

7) von den Koſten, welche die einzelnen Gründungsmethoden erzeugen.

---

[165]) Diejenigen Regeln und Geſichtspunkte, von denen bereits ausführlicher die Rede war, ſind durch kleineren Druck gekennzeichnet.

[166]) *Vitruv* ſagt im III. Buche (Kap. 4): Das Erdreich iſt bei Tempelbauten nicht nur ſo tief auszugraben, bis man, wo möglich, feſten Boden erreicht, ſondern auch noch in die feſte Bodenſchicht hinein, nach Maſsgabe der Gröſse und Schwere des aufzuführenden Gebäudes.

371.
Einfluſs
des
Baugrundes.

Unter dieſen Factoren ſind indeſs die Beſchaffenheit des Baugrundes und der Einfluſs des Waſſers in erſter Reihe leitend bei der Wahl der Gründungsmethode.

Betreff des Baugrundes iſt hierbei entſcheidend:

1) ob die feſte Bodenſchicht, worauf das Fundament-Mauerwerk unmittelbar geſetzt werden kann, bereits in geringerer Tiefe ſich vorfindet, oder

2) ob der tragfähige Baugrund erſt in gröſserer Tiefe (innerhalb ziemlich weiter Grenzen, 3 bis 15 m) unter der Erdoberfläche zu finden iſt, ſo daſs er mittels Pfeilern, Pfählen, Senkbrunnen oder Senkröhren erreichbar iſt, oder

3) ob die tragfähige Bodenſchicht ſich in noch gröſserer Tiefe befindet, ſo daſs ſie mit den eben angedeuteten Mitteln nicht erreicht werden kann.

372.
Einfluſs
des
Waſſers.

Der Einfluſs des Waſſers macht ſich in negativem oder poſitivem Sinne geltend, in ſo fern

1) gar kein Waſſer vorhanden iſt, oder

2) Waſſer ſich zwar vorfindet — ſei es Grundwaſſer oder offenes Waſſer (letzteres ein im Hochbauweſen verhältniſsmäſsig ſehr ſeltener Fall) — welches ſich aus der Baugrube ausſchöpfen läſſt, oder

3) das vorhandene Waſſer nicht ausgeſchöpft werden kann.

373.
Gruppirung
und
Eintheilung
der
Fundirungen.

Vereinigt man die angeführten ſechs Geſichtspunkte unter einander, ſo kann man die verſchiedenen Gründungsweiſen nach Art des neben ſtehenden Schemas [167]) gruppiren.

Für die nachfolgenden Betrachtungen erſcheint es am zweckmäſsigſten, die Grundbauten einzutheilen in [168]):

1) Aufgebaute Fundamente, welche von unten nach oben hergeſtellt werden, und

2) Verſenkte Fundamente, deren Ausführung von oben nach unten geſchieht — ſei es, daſs ſie in den Boden eingetrieben werden, ſei es, daſs unter dem bereits fertigen Fundamentkörper der ſchlechte Boden nach und nach weggenommen wird.

374.
Koſten.

Es wurde in Art. 370 geſagt, daſs auch die Koſten der Gründungsmethoden bei deren Wahl ausſchlaggebend ſein können. Man wird, zwei gleich gute Fundament-Conſtructionen vorausgeſetzt, naturgemäſs diejenige wählen, welche unter ſonſt gleichen Verhältniſſen, die geringeren Koſten verurſacht.

So z. B. wurde bei der Gründung gewiſſer Theile des neuen Reichstagshauſes in Berlin durch eingehende Koſtenberechnung die zweckmäſsigſte Methode ermittelt. Es berechnete ſich 1 Quadr.-Meter Beton-Gründung unmittelbar auf dem 4,5 bis 5,0 m unter N. W. lagernden feſten Kies, zu rund 86 Mark, die Herſtellung eines Beton-Pfahlroſtes, einſchl. der Koſten für die Waſſerhaltung zu rund 58 Mark; bei erſterer wäre noch hinzugekommen, daſs ein Erdkörper von etwa 2000 qm Grundfläche und 4,5 bis 5,0 m Tiefe im Waſſer auszuheben geweſen wäre, was einen bedeutenden Aufwand an Zeit und Geldmitteln erfordert haben würde. Die Gründung mittels Beton-Pfahlroſt wurde deſshalb vorgezogen [169]).

Die Koſten der einen oder anderen Gründungsweiſe können unter Umſtänden auch dann ausſchlaggebend ſein, wenn die verfügbaren Geldmittel ſehr beſchränkte ſind; man wird häufig das billigere Gründungsverfahren wählen, wenn daſſelbe auch weniger ſolide, als ein anderes, leider theuereres iſt.

Da, wie im vorſtehenden Kapitel gezeigt wurde, eine groſse Zahl von Factoren und Einflüſſen auf die Conſtruction und Ausführung eines Fundamentes einwirken, da, wie das neben ſtehende Schema zeigt, auch die Zahl der verſchiedenen Gründungsmethoden eine nicht geringe iſt; ſo ſind auch die abſoluten Koſten der Fundamente ſehr verſchieden. Leider liegen brauchbare Angaben darüber nur in geringem Maſse vor.

[167]) Daſſelbe iſt zum Theile dem im »Deutſchen Bauhandbuch« (III. Theil. Berlin 1879. S. 26) von *Franzius* aufgeſtellten Schema nachgebildet.

[168]) Die häufig vorkommende Eintheilung in natürliche und künſtliche Fundirung wurde, da ſie jeder principiellen Grundlage entbehrt, hier nicht weiter beachtet.

[169]) Näheres in: Der Bau des Reichstagshauſes in Berlin. Centralbl. d. Bauw. 1885, S. 25.

<table>
<tr><th rowspan="2">Baugrund:</th><th rowspan="2">Waſſer nicht vorhanden.</th><th colspan="2">Waſſer vorhanden als:</th><th rowspan="2">Waſſer vorhanden, aber nicht auszuſchöpfen.</th></tr>
<tr><th>Grundwaſſer.</th><th>offenes Waſſer, welches ſich ausſchöpfen läſſt.</th></tr>
<tr><td rowspan="4">in geringer Tiefe feſt.</td><td rowspan="4">Unmittelbare Ausführung des Fundament-Mauerwerkes auf dem feſten Baugrund.</td><td>1) Abgraben der lockern Bodenſchicht, Ausſchöpfen des Waſſers und</td><td>1) Herſtellung einer waſſerfreien Baugrube, Abgraben der lockern Bodenſchicht und</td><td rowspan="4">1) Steinſchüttung.
2) Beton-Schicht (durch Verſenken ohne Waſſerſchöpfen hergeſtellt).</td></tr>
<tr><td colspan="2">a) Ausführung des voll gemauerten Fundamentes;</td></tr>
<tr><td>b) Ausführung einzelner maſſiv gemauerten Fundament-Pfeiler mit Erdbogen.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">2) Schwache Beton-Schicht zur Dichtung der Quellen.</td></tr>
<tr><td>in erreichbarer Tiefe feſt.</td><td>Abgraben der lockeren Bodenſchichten und
1) Ausführung des vollgemauerten Fundamentes;
2) Ausführung einzelner maſſiv gemauerten Fundament-Pfeiler, ohne oder mit Erdbogen;
3) Beton-Schicht.</td><td>Abgraben der lockeren Bodenſchichten bis unter den Grundwaſſerſpiegel und
a) tief liegender Pfahlroſt;
b) Beton-Schicht zur Dichtung der Quellen
(mit oder ohne Waſſerſchöpfen).</td><td>1) Herſtellung einer waſſerfreien Baugrube und tief liegender Pfahlroſt;
2) hoch liegender Pfahlroſt;
3) Gründung mittels eiſerner Schraubenpfähle.</td><td>1) Hoch liegender Pfahlroſt;
2) Baggerung und
a) Steinſchüttung,
b) Beton-Verſenkung.
3) Senkbrunnen.
4) Senkröhren.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">nicht in erreichbarer Tiefe feſt.</td><td rowspan="3">1) Verbreiterung des Mauerwerkes;
2) breite Beton-Schicht;
3) trockene Steinpackung;
4) Sandſchüttung;
5) umgekehrte Gewölbe.</td><td>Abgraben der lockern Bodenſchicht auf angemeſſene Tiefe, jedenfalls bis unter den niedrigſten Grundwaſſerſpiegel,
1) Ausſchöpfen des Waſſers und</td><td>1) Herſtellung einer waſſerfreien Baugrube, Abgraben der lockern Bodenſchicht in angemeſſene Tiefe und</td><td rowspan="3">Belaſtung des Baugrundes um das Fundament herum und
1) Senkbrunnen,
2) Senkröhren.</td></tr>
<tr><td colspan="2">a) Schwellroſt,
b) Sandſchüttung,
c) breite Beton-Lage,
d) Pfahlroſt oder Pfähle zur Dichtung des Baugrundes,</td></tr>
<tr><td>e) umgekehrte Gewölbe,
f) Steinpackung;
2) breite Beton-Schicht ohne Waſſerſchöpfen.</td><td>2) Hoch liegender Pfahlroſt;
3) Gründung mittels eiſerner Schraubenpfähle.</td></tr>
<tr><td>Bemerkungen:</td><td>Holz nicht zu verwenden.</td><td colspan="2">Holz unter Waſſer zuläſſig; genaue Arbeit möglich.</td><td>Holz unter Waſſer zuläſſig; weniger genaue Arbeit.</td></tr>
</table>

In den von *Endell* und *Frommann*, bezw. *Wiethoff* [170]) veröffentlichten »Statiftifchen Nachweifen, betreffend die in den Jahren 1871 bis einfchl. 1880 vollendeten und abgerechneten Preufsifchen Staatsbauten« find auch die Koften der »künftlichen Fundirungen« für 1 qm bebaute Grundfläche angegeben. Da indefs die Angaben über die Gründungstiefen fehlen, fo find Koftenvergleiche nicht gut anzuftellen. Geeigneter hierzu wären Angaben über den Preis für 1 cbm Grundbau (bebaute Grundfläche $\times$ Gründungstiefe), weil die Koften von der Gründungstiefe in hohem Mafse abhängig find; allerdings kommt der Einflufs der letzteren in der angewandten Fundirungs-Methode einigermafsen zum Ausdruck.

Im Folgenden wird mehrfach Gelegenheit fein, der Koften der verfchiedenen Fundament-Conftructionen Erwähnung zu thun.

---

170) In: Zeitfchr. f. Bauw. (Auch als Sonderabdruck erfcheinend.)

2. Abfchnitt.

Aufgebaute Fundamente.

375. Ueberficht.

Für die aufgebauten Fundamente ift kennzeichnend, dafs fie faft ftets die Herftellung einer Baugrube erfordern, auf deren Sohle das Fundament unmittelbar (von unten nach oben) zur Ausführung kommt. Nur in fehr feltenen Fällen kann von der Ausfchachtung einer Baugrube abgefehen werden; denn es ift nur bei fehr wenigen zu Tage liegenden, vollkommen widerftandsfähigen Felsarten zuläffig, ein Bauwerk unmittelbar darauf zu fetzen. Das im Hochbauwefen am häufigften angewendete Gründungsverfahren befteht vielmehr darin, dafs man die oberen, lockeren Bodenfchichten abgräbt und auf diefe Weife einen Baugrund zu erreichen trachtet, der vollkommen tragfähig oder doch fo widerftandsfähig ift, dafs man durch eine geeignete Fundament-Conftruction unmittelbar darauf gründen kann; in manchen Fällen (bei grofser Fundirungs-Tiefe, z. B. tief gelegenen Souterrain-Räumen etc.) ift man genöthigt, auch noch einen Theil der tragfähigen Bodenfchicht auszuheben. Die Sohle einer derart hergeftellten Baugrube mufs eine Geftalt und Lage erhalten, welche der Form und Lage der Fundament-Bafis entfpricht (vergl. Art. 355 u. 356, S. 245 bis 247); auf der Sohle der Baugrube wird das Fundament »aufgebaut«, daher die im Vorliegenden gewählte Bezeichnung »aufgebaute Fundamente«.

Diefe Gründungsmethode ift den anderen Methoden unbedingt vorzuziehen, weil fie geftattet, die Befchaffenheit des Bodens in allen Einzelheiten kennen zu lernen, die Sohle der Baugrube zu ebnen und zu reinigen und darauf das Fundament mit der erforderlichen Sorgfalt herzuftellen. Am vortheilhafteften ift es hierbei, die Baugrube in folcher Tiefe auszuheben, dafs ihre Sohle durch eine vollkommen tragfähige Bodenfchicht gebildet wird; alsdann läfft fich auf derfelben ohne Weiteres die Fundament-Mauerung ausführen, wodurch gemauerte Fundamente entftehen. Diefem Verfahren giebt man mit Recht den Vorzug vor anderen. Ift es mit Rückficht auf die Koften oder aus anderen Gründen nicht ftatthaft, ein durchgehendes (volles) Fundament-Mauerwerk auszuführen, fo trachtet man wenigftens einzelne Fundament-Pfeiler auf den tragfähigen Baugrund zu fetzen.

Kann man jedoch mit der Fundament-Bafis nicht auf eine genügend widerftandsfähige Bodenfchicht herabgehen, fo find entweder gefchüttete oder Schwellroft-Fundamente in Ausführung zu bringen; zu erfteren gehören die aus Beton- und Sandfchüttungen gebildeten Fundamente.

Vorftehend wurde im Wefentlichen die Gründung von Bauwerken berückfichtigt, die auf der feften Erdoberfläche zu errichten find. Für Bauwerke, die am oder im offenen Waffer ausgeführt werden follen, wird die Baugrube durch geeignete Um-

fchliefsungswände begrenzt und auch innerhalb diefer die allenfalls vorhandene lockere Bodenfchicht befeitigt, um auf ganz tragfähigem oder doch genügend widerftandsfähigem Baugrund unmittelbar fundiren zu können.

Auch bei den verfenkten Fundamenten wird nicht felten die Herftellung einer Baugrube erforderlich; doch reicht alsdann deren Sohle niemals bis auf die tragfähige Schicht, und es wird auch nicht auf diefer Sohle das Fundament von unten nach oben aufgebaut.

Im vorliegenden Abfchnitt wird zunächft die Herftellung der Baugrube befprochen und alsdann an die Vorführung der verfchiedenen Arten von aufgebauten Fundamenten gefchritten werden.

---

1. Kapitel.

Baugrube.

a) Baugrube im Trockenen.

376. Fundament-Gräben und Baugrube

Wenn die Fundamente eines Gebäudes ausgeführt werden follen, fo werden entweder blofs die für die Aufsen- und Innenwände deffelben erforderlichen Baugruben ausgehoben, wodurch diefelben in die fog. Fundament-Gräben übergehen. Oder es werden, falls unter dem Gebäude Keller oder andere unterirdifche Räume vorhanden fein follen, auch für diefe die Ausfchachtungen vorgenommen, fonach eine einzige grofse Baugrube gebildet. In diefem Falle wird zunächft die Baugrube bis zur Sohle der anzuordnenden Souterrain-Räume ausgehoben, und erft innerhalb diefer werden die Fundament-Gräben ausgefchachtet.

Diefes Verfahren darf nicht Anwendung finden, wenn das zu errichtende Gebäude unmittelbar an fchon beftehende Gebäude ftöfst und der Beftand der letzteren durch das Ausheben der grofsen Baugrube gefährdet würde. In folchen Fällen find zunächft nur die Fundament-Gräben für jene Mauern auszufchachten, die winkelrecht zum Nachbargebäude gerichtet find; durch fofortige Ausführung der betreffenden Grundmauern wird eine Verftrebung der Nachbargebäude bewirkt.

Eine einheitliche Baugrube wird auch dann zur Ausführung gebracht, wenn es fich um die Fundirung von Bauwerken handelt, die gröfsere gefchloffene Maffen bilden, wie Gedächtnifsfäulen, Obelifke, monumentale Brunnen und andere Denkmale.

377. Abmeffungen und Querfchnitt.

Die Tiefe der Baugruben, bezw. der Fundament-Gräben ift durch die Bodenbefchaffenheit und durch die Fundament-Conftruction bedingt; fie ergiebt fich aus den in Art. 368 (S. 258) entwickelten Grundfätzen. Die wagrechten Abmeffungen gröfserer Baugruben übertreffen in der Regel die Grundrifs-Dimenfionen des zu fundirenden Bauwerkes. Es wird meift um die Grundrifsfigur des letzteren ein Umgang gebildet, der mindeftens fo breit ift, dafs darauf ein Mann ftehen kann, alfo mindeftens 30, beffer 50 cm; bei gröfseren Fundirungen wird bisweilen an einer oder auch an zwei Seiten ein Umgang angeordnet, der auch zur Lagerung und Fortbewegung verfchiedener Materialien zu dienen hat und dann eine Breite von 1,0 bis 1,5 m erhält.

Die Fundament-Gräben erhalten häufig keine gröfsere Sohlenbreite, als fie durch die Breite der Fundament-Bafis und durch die von der Zimmerung beanfpruchte Breite bedingt ift.

Der Rauminhalt der auszufchachtenden Bodenmaffen ift am geringften, wenn die Wandungen der Baugrube lothrecht find. Bei geringer Tiefe und fefterem Erd-

reich läſſt ſich eine derartige Begrenzung ohne Weiteres erzielen; ſonſt muſs eine Zimmerung zu Hilfe genommen werden. Letztere erzeugt nicht ſelten groſse Koſten, ſo daſs es unter Umſtänden billiger ſein kann, wenn man die Baugrube mit geböſchten Wandungen aushebt; eine vergleichende Koſtenberechnung iſt in der Regel ausſchlaggebend, den Fall ausgenommen, daſs es überhaupt unzuläſſig iſt, die Baugrubenwandungen anders als lothrecht herzuſtellen.

Der letztgedachte Fall tritt namentlich bei ſtädtiſchen Bauten ein, wo man durch Lagerung des ausgegrabenen Bodens, der Baumaterialien, durch Gerüſte etc. ſchon ſo viel Raum in Anſpruch nimmt, daſs von geböſchten Grubenwandungen kaum die Rede ſein kann.

1) Baugruben ohne Zimmerung.

378.
Baugruben ohne Zimmerung.

Feſter Felſen, feſt gelagertes Gerölle etc., kurz aller Boden, der in Art. 327 (S. 232) als »ſehr gut« und als »gut« bezeichnet worden iſt, kann in lothrechter Begrenzung abgeſprengt, bezw. abgegraben werden. Auch etwas loſerer (»ziemlich guter«) Boden bleibt auf geringe Tiefen lothrecht anſtehen; insbeſondere iſt dies häufig bei den Fundament-Gräben der Fall, die innerhalb der erſchloſſenen Baugrube noch beſonders ausgehoben werden und meiſt eine nur geringe Tiefe erhalten (Fig. 635).

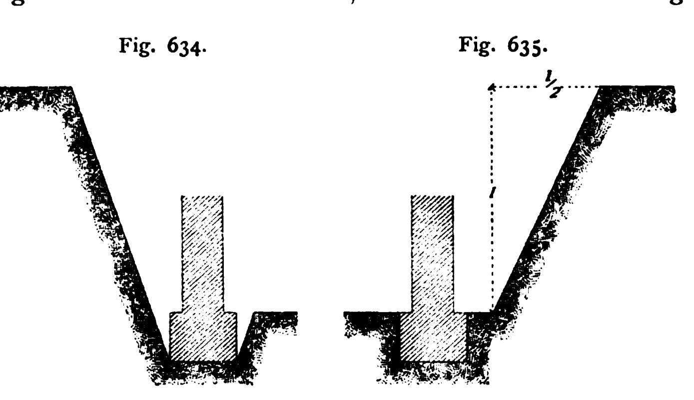


Fig. 634. Fig. 635.

Bei gröſserer Tiefe und bei noch lockererem (»ſchlechtem«) Boden werden die Gruben-, bezw. Grabenwandungen geböſcht ausgeführt (Fig. 634); die Böſchung wird, um an Ausſchachtungsmaſſe zu ſparen, möglichſt ſteil angelegt. Hat der abzugrabende Boden einigen Zuſammenhang und iſt die Tiefe keine zu groſse, ſo genügt in der Regel eine halbmalige[171]) Böſchung (Fig. 635); ſehr tiefe Baugruben und Fundament-Gräben in leicht beweglichem Erdreich erhalten ein-, anderthalbmalige, ſelbſt noch flachere Böſchungen (Fig. 636). Die geböſchten Wandungen tiefer Baugruben erhalten in lothrechten Abſtänden von 1,5 bis 2,0 m wagrechte Abſätze *A* (Fig. 636), welche Bermen, Bänke oder Bankete heiſsen; dieſelben vermehren die Haltbarkeit der Böſchungen; von oben herabfallende Erdtheilchen werden daſelbſt aufgehalten; auch werden ſie zur Lagerung und zur Fortbewegung von Materialien benutzt. Derlei Bermen ſollten nicht weniger als 40 bis 50 cm Breite erhalten.

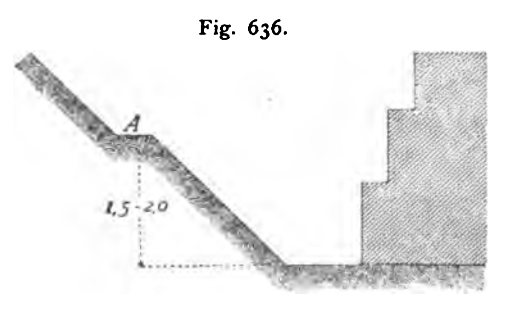


Fig. 636.

171) Die Bezeichnungen halbmalig, dreiviertelmalig, einmalig, fünfviertelmalig, anderthalbmalig etc. geben bei den Böſchungen der Erdkörper das Verhältniſs $\frac{a}{t}$ (ſiehe neben ſtehende Figur) oder die Cotangente des Böſchungswinkels α an.

2) Baugruben mit Zimmerung.

379. Baugruben mit Zimmerung.

Soll eine Baugrube mit lothrechten Wandungen in einem Boden hergeftellt werden, der ohne Stützung in folcher Begrenzung nicht ftehen bleibt, fo mufs eine fog. Zimmerung, Abfteifung, Abfpreizung oder Bölzung der Grubenwandungen vorgenommen werden. Diefelbe wird in Holz ausgeführt und befteht im Wefentlichen darin, dafs man an das zu ftützende Erdreich eine Verfchalung oder Bekleidung aus ftärkeren Brettern oder Bohlen legt und diefe durch weitere Hölzer entfprechend ftützt. Die Schalbohlen können wagrecht oder lothrecht gelegen fein; hiernach foll im Folgenden zwifchen wagrechter und lothrechter Zimmerung unterfchieden werden.

Eine gute Baugruben-Zimmerung foll folgende Bedingungen erfüllen:

α) Die Zimmerung foll fo feft fein, dafs fie dem in und neben der Baugrube befchäftigten Perfonal die nöthige Sicherheit gewährt.

β) Die Zimmerung foll möglichft wenig Holz erfordern, nicht nur, damit fie thunlichft geringe Koften erzeugt, fondern auch aus dem Grunde, um den Raum in der Baugrube thunlichft wenig zu verengen.

γ) Um die zur Zimmerung dienenden Hölzer fpäter anderweitig verwenden zu können, follen fie möglichft wenig behauen und gefchnitten, überhaupt möglichft wenig bearbeitet werden.

δ) Die Schalbohlen follen, fo weit als thunlich, nur mit der Hand einzufetzen fein.

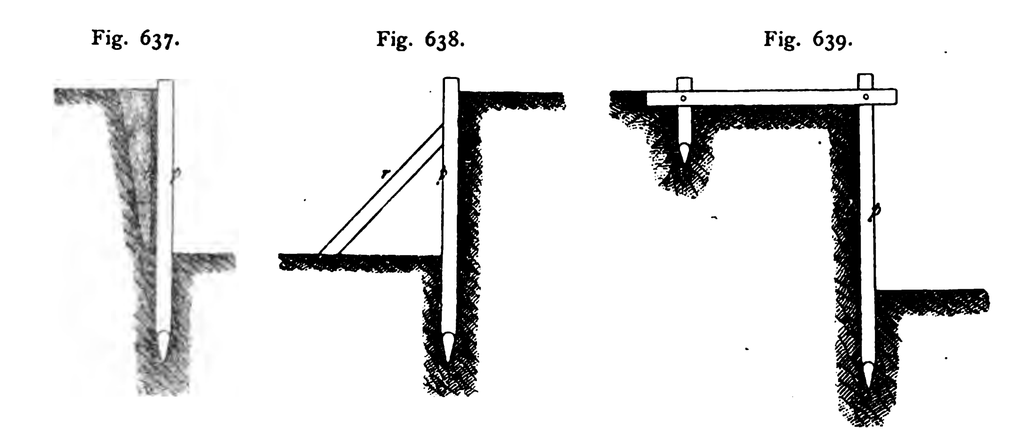
ε) Die verfchiedenen Zimmerungshölzer follen nach dem Gebrauch fich leicht entfernen laffen; beim Befeitigen derfelben foll der anftehende Boden nicht zufammenbrechen.

ζ) Die Zahl der erforderlichen Holzforten foll eine möglichft geringe fein.

380. Wagrechte Zimmerung.

α) Wagrechte Zimmerung. Handelt es fich um die Zimmerung einer ausgedehnten Baugrube, fo werden vor die Wandungen derfelben in Abftänden von von 1,25 bis 2,00 m Pfähle *p* (Fig. 637) in den Boden gefchlagen, hinter welche man die Schalbohlen *b* legt und die letzteren mit Erde hinterfüllt. Je gröfser der Erddruck ift, auf eine defto gröfsere Tiefe find die Pfähle einzurammen; erforderlichen Falles ftützt man fie durch Streben *r* (Fig. 638) oder verankert fie nach rückwärts,

Fig. 637. Fig. 638. Fig. 639.



wie dies aus Fig. 639 erfichtlich ift. Die Stöfse der Schalbohlen müffen auf einen Pfahl treffen; noch beffer ift es, die Bohlen nicht an einander ftofsen, fondern einander übergreifen zu laffen. Letzteres empfiehlt fich namentlich dann, wenn der zu ftützende Boden feinkörnig, nafs und leicht beweglich ift, fo dafs er unter Umftänden aus den Fugen herausquillen würde. In einem folchen Falle werden auch die wagrechten Fugen zwifchen den über einander liegenden Schalbohlen durch befondere Leiften gedeckt.

Wenn enge und lang geſtreckte Baugruben, bezw. Fundament-Gräben gezimmert werden ſollen, ſo ändert man den eben beſchriebenen Vorgang dahin ab, daſs man die zwei entgegengeſetzten Wandungen wechſelſeitig gegen einander abſteift; alsdann iſt das Einſchlagen von Pfählen nicht mehr erforderlich.

Bisweilen iſt der Boden ſo haltbar, daſs es genügt, nur an einzelnen Stellen Schalbohlen *b* (Fig. 640) an das Erdreich anzulegen und durch Steifen oder Spreizen *s* an daſſelbe anzudrücken; hierbei wird man, dem wachſenden Erddruck entſprechend, die Zahl der Bohlen und Steifen nach unten zunehmen laſſen. Bei lockerem Boden müſſen beide Grubenwände vollſtändig verſchalt werden (Fig. 641 u. 642). Um den Druck, den mehrere über einander gelegene Bohlen *b* empfangen, auf eine gemeinſchaftliche Steife *s* zu übertragen, ordnet man in dieſem, wie im vorhergehenden Falle in Abſtänden von 1,50 bis 2,00 m lothrechte Hölzer *a* an, zwiſchen denen die Steifen eingezogen werden. Da die Längen der letzteren nicht immer genau paſſen, ſo wird zwiſchen dem einen Hirnende derſelben und dem betreffenden lothrechten Holze ein Keil eingetrieben.

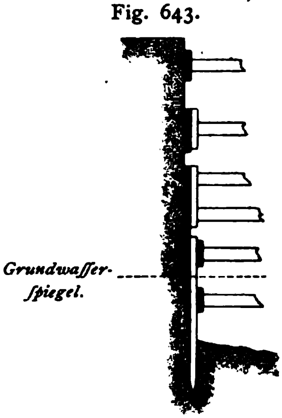
Fig. 640. Fig. 641. Fig. 642.

Die lothrechten Hölzer *a* beſtehen entweder aus mehreren Stücken (Fig. 641) oder aus einem einzigen Stück (Fig. 642); letzteres iſt für beſonders ſtarke Zimmerungen zu empfehlen. Indeſs können beim Ausſchachten der Baugrube die Steifen *s* und die lothrechten Hölzer *a* nicht ſofort in die durch die oben ſtehenden Figuren veranſchaulichte Lage gebracht werden; denn es würde ſonſt nicht möglich ſein, unterhalb einer ſchon verlegten Schalbohle eine weitere anzubringen. Deſshalb müſſen während der Grabearbeit die Steifen nur vorläufig eingeſetzt werden; die lothrechten Hölzer werden erſt ſpäter angebracht.

Weder die Steifen *s*, noch die lothrechten Hölzer *a* brauchen ſcharfkantig behauen zu ſein; bei erſteren kann man jede Bearbeitung entbehren; letztere müſſen an zwei Seiten regelmäſsig behauen werden. Die Schalbohlen *b* erhalten 4 bis 6 cm Dicke; nicht ſelten läſſt man ihre Dicke von oben nach unten zunehmen. Die Steifen *s* erhalten, je nach der geringeren oder gröſseren Breite der Baugrube, 12 × 12 bis 15 × 15 cm Querſchnittsabmeſſung. Für die lothrechten Hölzer *a* verwendet man entweder Bohlen von der eben angegebenen Dicke oder, bei bedeutenderem Drucke, Hölzer von 8 bis 10 cm Dicke.

In ſolcher Weiſe laſſen ſich Baugruben von ziemlich groſser Tiefe (bis 8 m) auszimmern, wenn das Grundwaſſer nicht hindernd entgegentritt. Zeigen ſich beim Ausſchöpfen deſſelben Schwierigkeiten, ſo wird das Anbringen weiterer Schalbohlen erſchwert, bei ſehr ſtarkem Waſſerandrang ſogar unmöglich gemacht. Alsdann wird die wagrechte Zimmerung nur bis etwas über den Grundwaſſerſpiegel fortgeſetzt, und von hier aus werden lothrecht und dicht neben einander geſtellte Bohlen in den Boden eingetrieben, ſonach eine lothrechte Zimmerung angewendet (Fig. 643).

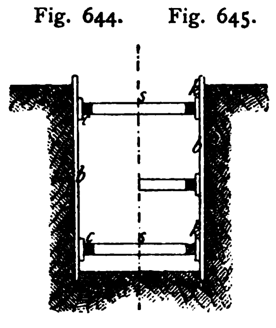
Fig. 643.



381.
Lothrechte
Zimmerung.

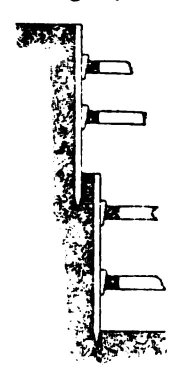
β) Lothrechte Zimmerung. Dieſe kommt hauptſächlich nur für engere Baugruben, bezw. für Fundament-Gräben in Anwendung. Die lothrecht geſtellten Schalbohlen *b* (Fig. 644) werden, je nach der Gröſse des Erddruckes, in Zwiſchenräumen oder dicht neben einander angeordnet; ſie werden in demſelben Maſse durch Hammerſchläge nachgetrieben, als die Ausſchachtung der Baugrube nach der Tiefe fortſchreitet. Der Druck der Schalbohlen wird auf Gurthölzer *c* übertragen, zwiſchen welche die Steifen *s* eingeſetzt werden. Es ſind mindeſtens zwei Reihen von Gurthölzern erforderlich, die eine oben, die andere unten; längere Schalbohlen werden nachträglich noch durch Zwiſchengurte gegen Ausbauchen geſchützt (Fig. 645). Keile *k* dienen zur kräftigeren Abſteifung der Schalbohlen gegen die Gurthölzer.

Fig. 644. Fig. 645.



Iſt die Baugrube ſehr tief und der Boden locker, ſo wird der Erddruck ſehr groſs und die Reibung zwiſchen Grubenwandung und Schalbohlen ſehr bedeutend. Das Eintreiben der letzteren erfordert alsdann einen groſsen Kraftaufwand; damit die Bohlen den heftigen Hammerſchlägen widerſtehen und am Kopfe nicht zerſpalten, iſt es angezeigt, den letzteren mit einem Eiſenring zu umgeben. Auch empfiehlt es ſich, die Keile *k* etwas zu lüften, ſobald die Bohlen nachgetrieben werden ſollen.

Fig. 646.



Auch hier iſt es nicht nothwendig, Steifen und Gurthölzer ſcharfkantig zu behauen; erſtere erhalten dieſelben Querſchnittsabmeſſungen, wie im vorhergehenden Falle, die letzteren 10 bis 12 cm Dicke. Die Bohlen werden je nach der Tiefe der Baugrube 4 bis 6 cm ſtark gewählt und in Längen von 2,0 bis 2,5 m angewendet. Bei gröſserer Grubentiefe wird unter die erſte Bohlenreihe noch eine zweite Bohlenreihe mit neuen Gurthölzern, wenn nöthig noch eine dritte etc. Reihe angeordnet. Damit die Grube nach unten zu nicht enger werde, iſt jede neue Bohlenreihe ſchräg zu führen (Fig. 646).

Eine derartige Baugruben-Zimmerung wird beſonders ſchwierig, wenn die Bodenbeſchaffenheit wechſelt, wenn man unter die Fundament-Sohle benachbarter Gebäude zu gehen hat, wenn viel Waſſer zu bewältigen iſt, wenn neben der Baugrube Gegenſtände ſich im Boden befinden, welche gegen jede, ſelbſt noch ſo geringe Bewegung zu ſchützen ſind, wie Steinzeugrohre etc. [172]).

Handelt es ſich um die Zimmerung enger und ſehr tiefer Baugruben, ſo übergeht die vorſtehend beſchriebene Grubenzimmerung in die im Berg- und Tunnelbau übliche Schachtzimmerung [173]).

Iſt eine Baugrube in ſtark naſſem und leicht beweglichem Boden, der ein unmittelbares Waſſerſchöpfen nicht geſtattet, herzuſtellen, ſo treibt man ſtatt der Schalbohlen ſtärkere Spundbohlen oder -Pfähle ein; wenn nothwendig, erhöht man die durch die Spundung hervorgebrachte Dichtung noch durch einen Thonſchlag etc.

382.
Vergleich
der
Zimmerungen.

γ) Ein Vergleich beider Zimmerungsmethoden ergiebt für die wagrechte Zimmerung folgende Vortheile:

a) Man iſt in den Längenabmeſſungen der Hölzer nur wenig beſchränkt.

b) Die Schalbohlen leiden nicht ſo ſehr, wie bei der lothrechten Zimmerung (in Folge der Hammerſchläge).

---

172) Eine zweckmäſsige Zimmerungsmethode für ſolche Fälle theilt *Manck* mit in: Deutſche Bauz. 1871, S. 227.

173) Ueber den bergmänniſchen Ausbau von Schächten vergl.:

Rziha, F. Lehrbuch der geſammten Tunnelbaukunſt. 2. Band. Berlin 1872. S. 426.

Serlo, A. Bergbaukunde. 2. Aufl. 1. Band. Berlin 1873. S. 289.

Sickel, C. A. Die Grubenzimmerung. 2. Abth. Schachtzimmerung etc. Freiberg 1873.

Schoen, J. G. Der Tunnel-Bau. 2. Aufl. Wien 1874. S. 133.

c) Man kann in einfacher Weife, dem mit der Tiefe zunehmenden Erddrucke entfprechend, die Zimmerung nach unten an Stärke zunehmen laffen.

d) Die wagrechte Zimmerung kommt unter gewöhnlichen Verhältniffen bei engen und lang geftreckten Baugruben von nicht zu grofser Tiefe billiger zu ftehen, als die lothrechte Zimmerung.

e) Erftere verdient bei ausgedehnteren Baugruben, bei denen fich nicht eine Wand gegen die andere abfteifen läfft, unbedingt den Vorzug; die lothrechte Zimmerung läfft fich in einem folchen Falle nicht einfach genug in Anwendung bringen.

Dagegen zeigt die lothrechte Zimmerung nachftehende Vortheile:

a) Diefelbe läfft fich nach unten, namentlich bei gröfseren Tiefen, leicht fortfetzen.

b) Sie erzeugt, namentlich im unteren Theile, in Folge der kleineren Zahl von Steifen, eine geringere Einengung des Raumes in der Baugrube, wodurch der Verkehr erleichtert wird.

c) Man kann jede Schalbohle durch einen Keil befonders an das Erdreich andrücken.

d) Selten geht eine oder die andere Schalbohle dadurch verloren, dafs fie fich aus dem Grunde nicht mehr herausziehen läfft.

e) Starker Grundwafferandrang ift weniger ftörend, wie bei der wagrechten Zimmerung.

In allen Fällen, wo man es mit befonders naffem und lockerem Boden und mit Baugruben von geringer Länge zu thun hat, ift die wagrechte Zimmerung der lothrechten vorzuziehen.

3) Ausfchachtung und Trockenlegung.

383.
Ausfchachtung.

Die Löfung des auszuhebenden Bodens gefchieht meift mittels Grabearbeit, bei feftem Geftein mittels Sprengarbeit; die Einzelheiten diefer Bodengewinnung werden im Abfchnitt über »Bauführung« (Anhang I. zum III. Theile diefes »Handbuches«) behandelt werden. Die Befeitigung der gelösten Bodenmaffen aus der Baugrube gefchieht meift mittels Schaufelwurf; bei gröfserer Tiefe (über 2 m) wird ein Umwerfen erforderlich, wozu Zwifchengerüfte nothwendig find, wenn nicht die fchon erwähnten Bermen dazu verwendet werden. Bei Tiefen, die etwa 4 bis 6 m überfchreiten, wird die Emporfchaffung mittels Eimer und Hafpelwelle vortheilhafter. Auch über den Erdtransport ift in der »Bauführung« das Nähere zu finden.

384.
Trockenlegung etc.

Tritt in die Baugrube kein Waffer ein, fo kommt zur Löfung und Befeitigung der Bodenmaffen erforderlichen Falles nur noch die Zimmerung der Baugrube hinzu. Reicht jedoch die Ausfchachtung unter den Grundwafferfpiegel, fo ift als vierte Arbeit noch die Trockenlegung der Baugrube in Betracht zu ziehen. Diefe Arbeit ift nur dann entbehrlich, wenn man die Löfung des Bodens mittels Bagger-Apparaten unter Waffer vornimmt; doch kommt dies im Hochbauwefen verhältnifsmäfsig felten vor.

Das Trockenlegen der Baugrube gefchieht in verfchiedener Weife:

α) Man gräbt um die Bauftelle eine Rinne, in welche das Waffer während der Arbeit abfliefst.

β) Man legt neben der Baugrube Brunnenfchächte an, und zwar nach der Richtung hin, von welcher die Wafferadern herzuftrömen; in diefen Schächten wird der Wafferfpiegel fo tief abgefenkt, dafs er unter der Sohle der Baugrube gelegen

iſt; man ſchafft durch dieſes Mittel nicht nur eine trockene, ſondern auch eine feſte Baugrube.

γ) Man ſchöpft das Waſſer mittels Pumpen oder anderer Waſſerſchöpfmaſchinen aus. Die Beſchreibung dieſer Maſchinen gehört in den Anhang über »Bauführung«. Deſshalb ſei hier nur erwähnt, daſs man häufig auf der Sohle der Baugrube noch eine kleine Grube, den ſog. Sumpf herſtellt, aus dem das Schöpfwerk das Waſſer unmittelbar hervorholt.

Man erreicht durch Anlage eines Sumpfes den Vortheil, daſs man die Sohle der Baugrube ganz waſſerfrei machen kann und daſs ſich darin die groben Verunreinigungen des zu ſchöpfenden Waſſers ablagern. Indeſs erweiſen ſich ſolche Sümpfe nicht immer zweckmäſsig; man ſchafft häufig durch derartige Vertiefungen dem Zudrange des Waſſers ein beſonders günſtiges Gefälle, und es wird eine groſse Geſchwindigkeit erzeugt. Hierdurch wird nicht ſelten ein Aus- und Unterwaſchen des ſpäter herzuſtellenden, gemauerten oder betonirten Fundamentkörpers eingeleitet. Man muſs deſshalb, falls man einen Sumpf anlegt, ſolche Stellen vermeiden, durch deren Vertiefung man dem Grundwaſſer einen beſonders kräftigen Zutritt verſchaffen würde.

Beſondere Vorſicht erfordert die Trockenlegung der Baugrube in kieſigem und ſandigem Boden; da ſolches Bodenmaterial ſtark durchläſſig iſt, ſo dringt das Waſſer bisweilen um ſo heftiger nach, je kräftiger man ſchöpft. Auch wird Sand- und feiner Kiesboden durch den andauernden Waſſerzutritt merklich gelockert; grober Kiesboden leidet darunter nicht; feiner Sand wird in Triebſand verwandelt.

In ſolchen Fällen muſs eine Dichtung der Bauſohle mittels einer Beton-Schicht vorgenommen werden; wird auch für die Seitenwände der Baugrube eine Dichtung erforderlich, ſo ſchlage man Spundwände. Auch das Kalfatern der Fugen zwiſchen den Schalbohlen der Grubenzimmerung iſt mit Erfolg in Anwendung gekommen.

In manchen Fällen zeigen ſich in der Baugrube einzelne Quellen; man trachte dieſelben zu verſchlieſsen, bezw. unſchädlich zu machen, theils um an Waſſerſchöpfen zu ſparen, theils um eine Auflockerung des Bodens zu verhüten.

Mittel hierzu ſind:

α) Man ermittelt den Lauf der Quelle und fängt dieſelbe an einem oberhalb gelegenen Punkte ab.

β) Man verſtopft die Quelle, am einfachſten durch Einſchlagen eines hölzernen Pfahles; dieſes Mittel hat nicht immer den erwünſchten Erfolg, namentlich nicht in ſtark durchläſſigem Boden, weil in Folge des erhöhten Druckes das Waſſer ſich einen anderen Weg ſucht; an einer anderen Stelle entſteht eine neue Quelle.

γ) Man ſperrt die Quelle durch eine dichtende Beton-Schicht ab.

δ) Man treibt ein eiſernes Rohr von entſprechender Höhe in die Quelle; das Waſſer der letzteren ſteigt im Faſſungsrohr empor, wenn gehöriger Druck vorhanden iſt, ſogar über den Grundwaſſerſpiegel.

Fig. 648.

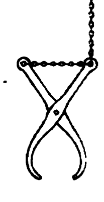
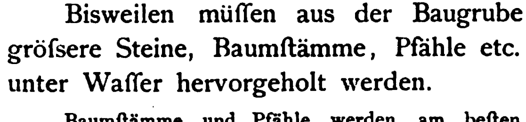


Fig. 647.

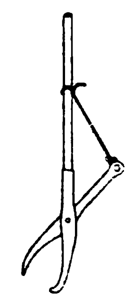
Greifzange.



Bisweilen müſſen aus der Baugrube gröſsere Steine, Baumſtämme, Pfähle etc. unter Waſſer hervorgeholt werden.

Baumſtämme und Pfähle werden am beſten mittels Ketten hervorgeholt; das Faſſen derſelben geſchieht dadurch, daſs man die Kette mit einer Leine unter dem Stamm hindurchzieht; letztere wird mittels eines mit langem Stiel verſehenen eiſernen Bügels durchgeſteckt. Für kleinere Stämme verwendet man lange Holzſchrauben, an denen die Kette befeſtigt iſt und die von oben eingeſchraubt werden.

Fig. 649.



Grundzangen.

Gröſsere Steine werden mittels der Teufelsklaue oder Greifzange (Fig. 647) gehoben; zum

Hervorholen kleinerer Gegenſtände dient die Grundzange, die entweder mittels Kette (Fig. 648) oder mittels Stiel (Fig. 649) gehandhabt wird.

Der Wolf, der zum Verſetzen von Quadern dient, kann für das Heben von Steinen gleichfalls Verwendung finden; ſehr groſse Steine zerkleinert man wohl auch zunächſt durch Sprengen mittels Pulver oder Dynamit.

b) Baugrube am und im Waſſer.

385. Baugrube am Waſſer.

Bisweilen ſind Baugruben auszuſchachten und trocken zu legen, in deren Nähe ſich ein offener Waſſerlauf, ein Teich, ein See etc. befindet. Beſteht der Erdkörper zwiſchen Bauſtelle und Waſſer aus einem durchläſſigen Material, wie Kies, Sand etc., ſo würden beim Ausſchöpfen des Waſſers aus der Baugrube die im vorhergehenden Kapitel ſchon angedeuteten Uebelſtände eintreten. Deſshalb dichte man in einem ſolchen Falle jene Seitenwandung der Baugrube, welche dem offenen Waſſer zugekehrt iſt; am einfachſten und vortheilhafteſten geſchieht dies durch eine kräftige Spundwand, deren Waſſerdichtheit man, wenn dies nothwendig werden ſollte, auch noch durch einen hinter dieſelbe zu bringenden Thonſchlag erhöhen kann.

Bei Bauwerken, die unmittelbar am Waſſer, an einem Fluſs, See etc. zu errichten ſind, wird die Baugrube an drei Seiten durch das anſtehende Erdreich zu begrenzen ſein, während an der vierten, dem Waſſer zugekehrten Seite ein künſtlicher Abſchluſs gebildet werden muſs. Derſelbe kann aus einer Spundwand, einer Pfahlwand oder einem Fangdamm beſtehen; derlei Wände müſſen ſtets ein genügendes Stück in den Uferboden hinein fortgeſetzt werden, damit ein Hinterſpülen derſelben verhütet wird.

386. Baugrube im Waſſer.

Daſs Hochbauten unmittelbar an einem Fluſſe, See etc. auszuführen ſind, iſt ein verhältniſsmäſsig ſeltener Fall; noch viel ſeltener kommt es vor, daſs Hochbauten im offenen Waſſer ſelbſt errichtet werden ſollen. Es wird deſshalb gerechtfertigt ſein, wenn im Nachſtehenden die Herſtellung der Baugrube im Waſſer nur in allgemeinen Umriſſen behandelt, im Uebrigen jedoch auf jene Literatur[174]) verwieſen wird, die ſich mit der Gründung der Strombrücken-Pfeiler und anderer im offenen Waſſer zu errichtenden Ingenieur-Bauwerke beſchäftigt.

Soll im offenen Waſſer eine Baugrube hergeſtellt werden, ſo iſt die Bauſtelle durch dichte Umſchlieſsungswände an allen Seiten zu begrenzen. Das Maſs der zu erreichenden Waſſerdichtheit hängt davon ab, ob man die Baugrube ausſchöpfen oder ob man nur erzielen will, daſs das in der Baugrube befindliche Waſſer keine Strömung hat. Das letztere genügt u. A., wenn man ein Beton-Fundament unter Waſſer ausführen will.

Nach Vollendung des Fundamentes werden die Umſchlieſsungswände ganz oder zum gröſsten Theile entfernt.

Die Umſchlieſsung der Baugrube im Waſſer geſchieht, je nach dem Baugrund, dem Bauſtoff und der Waſſertiefe:

1) Durch Spundwände. Die Conſtruction ſolcher Wände iſt bereits in der vorhergehenden Abtheilung (Art. 154 u. ff., S. 109) beſprochen worden. Es iſt nur

---

174) SCHWARZ, F. Der Grundbau. Berlin 1865. S. 13.
PROMNITZ, J. Die Fangdämme, Spundwände, Rammen und Waſſerſchöpfmaſchinen in ihrer Anwendung bei den Gründungen. Halle 1869.
HAGEN, G. Handbuch der Waſſerbaukunſt. I. Theil, 2. Band: Fundirungen. 3. Aufl. Berlin 1870.
FELDEGG, E. v. Allgemeine Conſtructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von *R. Baumeiſter.* Carlsruhe 1879. II. Theil. Fundirungen. S. 478.
KLASEN, L. Handbuch der Fundirungsmethoden. Leipzig 1879. S. 95.
Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften. 1. Band. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 356.

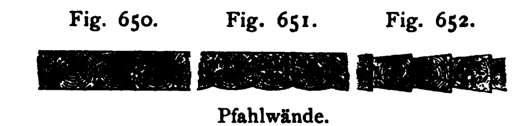
fchwer möglich, mittels einer Spundwand eine vollkommen wafferdichte Umfchliefsung der Baugrube zu bilden; fie empfiehlt fich defshalb insbefondere für jene Fälle, in denen man Fundamente aus Sandfchüttungen, Beton, Beton-Pfahlroften etc. herzuftellen beabfichtigt.

Soll die Wafferdichtheit einer Spundwand erhöht werden, fo mufs man dies durch wafferdichte Leinwand, durch Ausftopfen der Fugen mit Werg oder Moos, durch Eingiefsen von Cement in die Fugen etc. zu erreichen trachten. Ift der Wafferdruck grofs, fo müffen die Spundwände noch geftützt werden, was entweder durch verftrebte Pfähle oder durch Steinfchüttungen gefchehen kann.

Die Spundwand bleibt mit dem unteren Theile (nachdem der obere Theil abgefchnitten worden ift) häufig als Schutz des Fundamentkörpers gegen Unterwafchung, gegen Ausweichen des Baugrundes etc. ftehen.

2) Durch Pfahlwände. Bei gröfserer Waffertiefe ift der Wafferdruck fo grofs, dafs Spundwände nicht mehr die nöthige Standfeftigkeit haben; alsdann werden fie durch 25 bis 30 cm ftarke Pfahlwände (Fig. 650 bis 652) erfetzt. Die Pfähle erhalten an der Langfeite keine Spundung; daher ift die Wafferdichtheit einer folchen Wand noch geringer als bei der Spundwand. Die Dichtung wird mit den gleichen Mitteln, wie vorher, erzeugt.

Fig. 650. Fig. 651. Fig. 652.



Pfahlwände.

3) Durch Erddämme. Ift man im Raume nicht befchränkt und ift die Waffertiefe nicht grofs, fo kann man die Baugrube mit Erddämmen umfchliefsen. Der Grad der Wafferdichtheit ift nicht bedeutend; man kann diefelbe vermehren, wenn man eine Stülpwand (fiehe Art. 185, S. 129) errichtet und die Erde gegen diefe fchüttet.

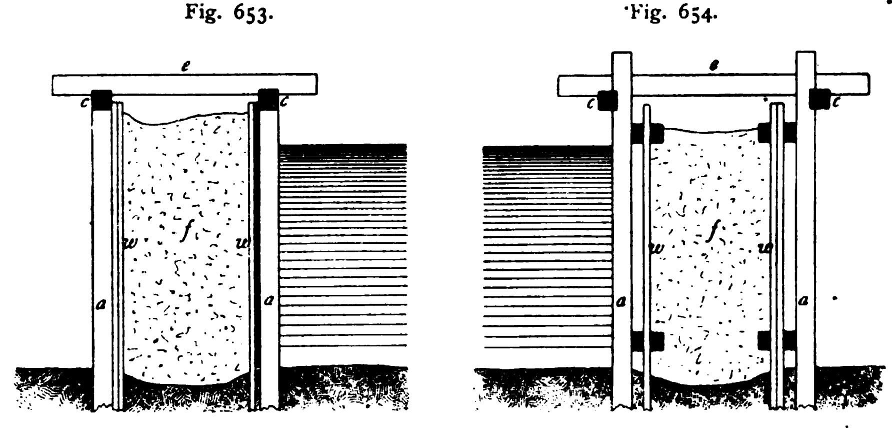
Ueberfteigt die Waffertiefe etwa 1 m, fo fchlägt man rings um die Bauftelle Pfahlreihen (lothrecht oder auch fchräg) ein, überdeckt diefelben durch Holme und lehnt gegen diefelben eine Bretter- oder Bohlenwand. Gegen die letztere kommt die Erdfchüttung zu liegen.

Sand, Kies etc. find für folche Dämme ungeeignet. Klaiboden, Thon mit Sand gemengt, Mift, Dünger etc. eignen fich am beften.

4) Durch Kaftenfangdämme. Die gröfste Standfeftigkeit und Wafferdichtheit kann man mit Kaftenfangdämmen erzielen. Sie beftehen aus zwei Holzwänden, zwifchen denen ein möglichft wafferundurchläffiges Füllmaterial eingebracht wird (Fig. 653 u. 654).

Die Holzwände beftehen entweder aus dicht neben einander gefchlagenen Pfählen oder aus Bretter-, Stülp- und Spundwänden *w*, die durch Pfahlreihen *a* geftützt werden. Zur Längsverbindung dienen Holme und Gurthölzer *c*; um beim Einbringen der Füllung das feitliche Ausweichen der beiden Wände zu ver-

Fig. 653. Fig. 654.



Kaftenfangdämme. — 1/100 n. Gr.

hüten, bringt man eine Querverbindung *e* an, die entweder aus hölzernen Zangen oder eifernen Ankern beftehen kann.

Zur Füllung *f* ift frifcher Klaiboden (fette, lehmige und thonige Erde) am beften geeignet, weil er am dichteften ift; ein Gemenge aus Sand und Thon fteht diefem Füllmaterial am nächften; der Thon allein ift ungeeignet, weil er Hohlräume bildet. Beton-Füllung erzeugt den höchften Grad von Wafferdichtheit, kommt jedoch am theuerften zu ftehen.

5) Durch Schwimmkaften ohne Boden. Ein feitlich gefchloffener, meift hölzerner Kaften, der in der Grundrifsgeftalt dem zu fundirenden Bauwerke entfpricht, wird auf die Sohle des Wafferlaufes etc. gefenkt; der Erfolg ift nahezu derfelbe, wie bei einer Umfchliefsung durch Spundwände.

6) Durch Schwimmkaften mit Boden, auch Senkkaften, Senkfchiff oder Caiffon genannt. Die Form eines folchen Kaftens entfpricht gleichfalls der Grundrifsgeftalt des zu errichtenden Bauwerkes; durch Verfpannung und Kalfaterung der einzelnen Theile wird ein hoher Grad von Wafferdichtheit erreicht. Der Boden bleibt unter dem Fundament (als liegender Roft, fiehe Art. 418) liegen; die Seitenwände werden entfernt.

Die Trockenlegung der Baugrube, die etwa nothwendige Vertiefung derfelben, das Hervorholen von gröfseren Steinen, Baumftämmen etc. gefchieht wie unter a, 3.

---

2. Kapitel.

Gemauerte Fundamente.

a) Voll gemauerte Fundamente.

387. Allgemeines.

Diefe Art von Fundamenten, die aus einer ununterbrochenen, maffiven Mauerung beftehen, kommen im Hochbauwefen am häufigften vor und werden auch mit Recht, ihrer Einfachheit und Sicherheit wegen, allen anderen Gründungsmethoden vorgezogen.

Das Fundament-Mauerwerk ift ftets auf vollkommen tragfähigen Baugrund zu fetzen; die auszufchachtende Baugrube, bezw. die Fundament-Gräben erhalten dem entfprechend mindeftens eine Tiefe, welche der Mächtigkeit der lockeren, nicht tragfähigen Bodenfchichten gleich kommt. Erhält das zu errichtende Gebäude unterirdifche Räume und reicht deren Sohle noch in die tragfähige Schicht hinein, fo führt man die Sohle der Fundament-Gräben, bezw. die Bafis des Fundament-Mauerwerkes noch 0,5 bis 1,0 m unter die Sohle jener Souterrain-Räume hinab (Fig. 655 u. 656).

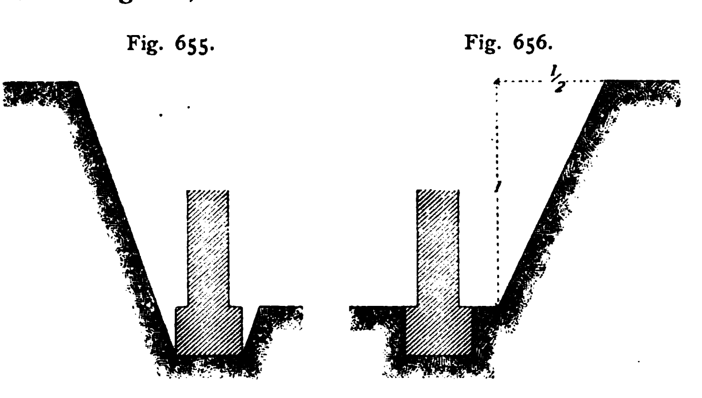


Fig. 655. Fig. 656.

388. Fundament-Mauerung.

Nachdem die Baugrube, bezw. die Fundament-Gräben ausgehoben, hierbei erforderlichen Falles trocken gelegt worden find, wird ihre Sohle möglichft abgeglichen und geebnet. Soll die Fundament-Bafis abfatzförmig hergeftellt werden (vergl.

Art. 365, S. 254) oder foll das Fundament-Mauerwerk zahnförmig in den Baugrund eingreifen (fiehe ebendaf.), fo bereitet man die Grabenfohle in entfprechender Weife vor.

Alsdann wird auf der Baufohle ein Mörtelbett ausgebreitet und in diefes die unterfte Schicht des Fundament-Mauerwerkes verlegt. Bei der hierauf folgenden weiteren Herftellung der Fundament-Mauerung ift insbefondere auf die anzuordnenden Fundament-Abfätze Rückficht zu nehmen, und es hat in der Höhe eines jeden derfelben eine Abgleichung des Mauerwerkes ftattzufinden. Mufste die Baugrube künftlich trocken gelegt werden, fo ift das Wafferfchöpfen während der Grundmauerung fortzufetzen.

Wird das Fundament-Mauerwerk auf Felfen aufgefetzt, fo foll die Oberfläche des letzteren nicht zu glatt fein; fie mufs nöthigen Falles aufgerauht werden, damit das darauf ausgebreitete Mörtelbett fich beffer damit verbindet. Höhlungen und Klüfte, die etwa im felfigen Untergrund vorhanden find, werden ausgemauert, ausgegoffen oder mit Gewölben überfpannt.

389. Material.

Für die unteren Schichten des Fundament-Mauerwerkes verwende man möglichft grofse, lagerhafte und harte Steine; diefelben follen um fo gröfser und um fo härter fein, je gröfser der vom darüber ftehenden Bauwerk ausgeübte Normaldruck ift. Insbefondere find für die unterfte Mauerfchicht Steine von thunlichfter Regelmäfsigkeit und nicht zu kleinen Abmeffungen zu verwenden. Bei ftärkerem Drucke find am beften rauhe Quader, jedenfalls aber lagerhafte, gut zugehauene Bruchfteine zu verwenden; je nach der Gröfse der Belaftung find derlei Steine 15 bis 50 cm dick zu wählen.

Hie und da (in Baden etc.) ift es, mit gutem Erfolg, üblich, als unterfte Lage des Fundamentes fog. Bodenplatten anzuwenden; dies find 20 bis 30 cm dicke, 80 bis 90 cm breite und 1,0 bis 1,5 m lange Sandfteinplatten, auf welche mit lagerhaften Bruchfteinen gemauert wird.

Wenn der Baugrund einige, wenn auch nicht gefährliche Prefsbarkeit befürchten läfft, fo führe man die unteren Schichten des Fundament-Mauerwerkes in Rollfchichten aus. Die Sohlenfchicht befteht alsdann aus grofsen, hochkantig geftellten Quadern oder regelmäfsig behauenen Bruchfteinen; bei Verwendung der letzteren werden die Fugen mit kleineren Steinen ausgekeilt und gut mit Mörtel ausgefüllt.

Aus dem Gefagten geht hervor, dafs fich Backfteine im Allgemeinen nur wenig für Fundament-Mauerwerk eignen. Nur bei Objecten, die einen geringen Druck auf den Baugrund ausüben, ferner in Fällen, wo gröfsere natürliche Steine nur fchwer und blofs mit unverhältnifsmäfsig grofsen Koften herbeizufchaffen find, verwende man Backfteine, jedoch nur folche von befter Qualität, namentlich fcharf gebrannte Klinker. In der vorhergehenden Abtheilung (Art. 32, S. 28 u. 29) wurde bereits gefagt, dafs fich für folche Fundamente der Stromverband empfiehlt, und auch deffen Durchführung dort angegeben.

Für Fundament-Mauerwerk von geringerer Dicke und Tiefe, das im Trockenen ausgeführt wird, genügt gewöhnlicher Luftmörtel; bei Gründungen im Waffer ift ftets hydraulifcher, am beften rafch erhärtender Cement-Mörtel zu verwenden. Allein auch dickes und tiefes Fundament-Mauerwerk, das nicht im Waffer auszuführen ift, erfordert die Benutzung von hydraulifchem Mörtel, weil der Luftmörtel im Inneren nicht genügend hart wird. Die Verwendung hydraulifchen Mörtels empfiehlt fich um fo mehr, je kleiner die zur Grundmauerung benutzten Steine find, alfo auch dann, wenn Backfteine genommen werden müffen.

390. Ausführung.

Bei der Herftellung des Fundament-Mauerwerkes ift darauf zu achten, dafs mit Hilfe grofser Binderfteine ein guter Verband erzielt werde. Das Mauerwerk nur aus äufseren Schalen herzuftellen und den Kern aus Füllmauerwerk von ganz unbearbeiteten Steinen beftehen zu laffen, ift ein Verfahren, das zwar leider häufig genug vorkommt, aber als fchlecht bezeichnet werden mufs.

Weiters ift danach zu ftreben, dafs das Fundament thunlichft als fog. zweihäuptiges Mauerwerk ausgeführt werde. Bei Fundament-Gräben mit lothrechten Wänden (Fig. 656) ift dies nur fchwer zu erreichen; wenn hingegen die unterfte Mauerfchicht eben an den Fufs der geböfchten Baugrubenwand herantritt (Fig. 655), fo bleibt das übrige Fundament-Mauerwerk ganz frei, fo dafs es in feinen Aufsenflächen folid und kunftgerecht ausgeführt werden kann und die Luft unbehinderten Zutritt hat.

Es ift von Wichtigkeit, dafs das Fundament-Mauerwerk entfprechend austrockne, weil es nur fo gehörig »abbinden« kann. Es follte defshalb möglichft vermieden werden, den Zwifchenraum zwifchen Grundmauer und Baugrubenwandung fofort nach der Ausführung der erfteren mit Erde auszufüllen. Allerdings läfft fich diefes Verfahren kaum umgehen, wenn der Fundament-Graben mit lothrechten Wandungen ausgefchachtet wurde und feine Breite die Dicke der Fundament-Mauerung nur um Weniges überfteigt [175]).

Es wurde bislang vorausgefetzt, dafs die Fundament-Mauerung in einer überhaupt wafferfreien oder in einer trocken gelegten Baugrube ausgeführt wird. Obwohl dies das gewöhnliche Verfahren bildet, fo kommen doch auch Fälle vor, in denen man das Waffer nicht ausfchöpfen kann, insbefondere dann, wenn durch das nachdringende Waffer der Boden zu fehr gelockert würde. Es ift nun allerdings in folchen Fällen am vortheilhafteften, ein Beton-Fundament herzuftellen; will man indefs ein gemauertes Fundament zur Ausführung bringen, fo müffen gröfsere Fundament-Quader im Waffer verlegt und auf diefe erft das gewöhnliche Mauerwerk aufgefetzt werden.

391. Afphalt-Mauerwerk.

Für Mafchinen-Fundamente verwendet man mit Vortheil Afphalt-Mauerwerk. Die von Dampfmafchinen, Prägemafchinen etc. herrührenden Schwingungen erzeugen auf ftarrem Auflager eine Gegenwirkung, wodurch ihr für das Gebäude nachtheiliger Einflufs noch erhöht und der ruhige, fanfte Gang der Mafchinen fehr beeinträchtigt wird. Afphalt-Mauerwerk, eben fo der im nächften Kapitel noch zu erwähnende Afphalt-Beton begegnen den gedachten Mifsftänden in trefflicher Weife.

Nach *Malo* ftelle man zur Ausführung von Afphalt-Mauerwerk zuerft eine Form her, die innen mit glatt gehobelten Brettern verkleidet ift. Reiner Maftix-Afphalt, der durchgekocht und auf etwa 180 bis 200 Grad erhitzt ift, wird zunächft auf 5 bis 6cm Höhe in diefe Form gegoffen; in diefes Bad legt man Steine von ungleicher Gröfse, fo viel als möglich vorgewärmt, und ordnet fie fo, dafs die Zwifchenräume auf ein thunlichft kleines Mafs herabgemindert find. Auf diefe Steinlage giefst man eine weitere Partie heifsen Maftix, welcher die Fugen der Steinlage ausfüllt; hierauf bringt man in gleicher Weife eine zweite Steinlage auf, wobei die Steine gut in Verband zu legen find; alsdann folgt ein drittes Maftix-Bad, eine dritte Steinlage und fo fort, bis die ganze Form ausgefüllt ift.

Man kann die Koften des Afphalt-Mauerwerkes verringern, ohne deffen Vorzüge beträchtlich zu vermindern, wenn man den inneren Kern des Fundamentkörpers aus gewöhnlichem Mörtelmauerwerk herftellt; nur der freie Raum zwifchen diefem Kern und den Wänden der Gufsform wird alsdann mit Afphalt-Mauerwerk ausgefüllt.

392. Mauerwerk mit Abtreppungen und Oeffnungen.

Wurde für eine längere Mauer die Fundament-Bafis abgetreppt und haben die Stufen eine gröfsere Länge, fo ift bei ftark belafteten Bauwerken, wie dies bereits in Art. 365 (S. 255) gefagt wurde, der über jeder Stufe ftehende Mauerkörper unabhängig von dem benachbarten auszuführen, damit nicht durch ungleichmäfsige Setzungen Riffe hervorgebracht werden (fiehe auch Art. 364, S. 252).

Man hat bei fteil abfallendem Felfen wohl auch in der Querrichtung der Mauern Abfätze angeordnet (Fig. 657); indefs ift dies nur bei fehr grofser Mauerdicke und geringer Belaftung oder nur dann zu empfehlen, wenn es fich um die Gründung von Einfriedigungsmauern oder ähnlichen untergeordneten

---

[175]) Siehe auch: Ueber mangelhafte Ausführung von Fundamentmauerwerk. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 52.

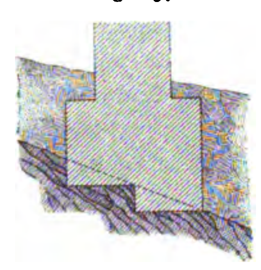


Fig. 657.

Objecten handelt. Sonst können bei starkem Drucke leicht schädliche Spaltungen im Mauerwerk hervorgerufen werden.

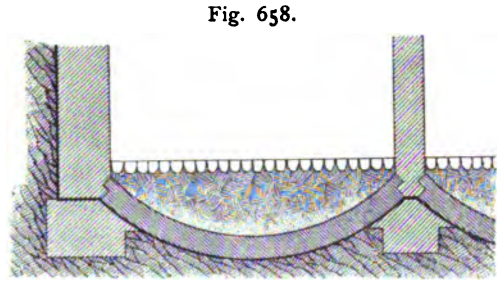
Sind in dem über den Grundmauern aufzuführenden Tagmauerwerk gröfsere Oeffnungen vorgesehen, wie z. B. Hausthore, gröfsere Schaufenster und Bogenstellungen etc., so ist das Fundament-Mauerwerk diesen Durchbrechungen entsprechend nur dann zu unterbrechen, wenn der stehen bleibende Boden aus Felsen oder einem Gestein besteht, das dieselbe Festigkeit, wie das Mauerwerk hat; in den meisten Fällen jedoch wird eine unter den Mauerdurchbrechungen durchgehende Fundament-Mauerung vorzuziehen sein, damit nicht ein Ausweichen der letzteren in Folge der in der Regel isolirten und meist auch gröfseren lothrechten Drücke stattfindet.

Steht zu befürchten, dafs das Fundament-Mauerwerk später, in Folge stark unterhöhlten Baugrundes etc., schädlichen Biegungen ausgesetzt werden wird, so vermehre man die Zugfestigkeit desselben durch Einziehen schmiedeeiserner Zuganker. (Vergl. auch Theil III, Bd. 6 dieses »Handbuches«, Abth. V, Abschn. 1, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodensenkungen und Erderschütterungen.)

393. Umgekehrte Fundament-Gewölbe.

Ueben die Mauern eines Gebäudes einen starken Druck auf den Baugrund aus, so dafs ein zu bedeutendes Einsinken ihrer Fundamente zu erwarten ist, so sucht man den Druck dadurch auf eine gröfsere Fläche zu vertheilen, dafs man zwischen den Mauer-Fundamenten umgekehrte Gewölbe einspannt. Letztere sind auch dann sehr wirksam, wenn in Folge des grofsen Druckes zu befürchten ist, dafs der Boden seitlich ausweicht und längs der Mauer-Fundamente emporsteigt; einem solchen Auftriebe wird durch umgekehrte Gewölbe besser entgegengewirkt, als durch blofse Belastung des Baugrundes.

Fig. 658.



1/100 n. Gr.

Die umgekehrten Fundament-Gewölbe sind meist Tonnengewölbe, welche zwischen je zwei benachbarten Parallelmauern eingezogen werden (Fig. 658); seltener kommen Klostergewölbe (sog. Erdkappen) zur Anwendung. Bei der Ausführung wird zunächst zwischen den Fundament-Mauern der Baugrund mit Hilfe einer entsprechend geformten Lehre so abgegraben, dafs er die Gestalt der unteren Wölbflächen erhält, alsdann geschieht die Gewölbmauerung in der sonst üblichen Weise.

Bei den Verstärkungsarbeiten am Thurme des Ulmer Münsters wurde u. A. zwischen der nördlichen und südlichen Fundament-Mauer ein Bodengewölbe aus Quadern eingezogen, um die bereits vorhandene grofse und bei den Vollendungsarbeiten noch zu vermehrende Belastung des Baugrundes auf eine gröfsere Fläche zu vertheilen. Obwohl die Gesammtlast um 1 343 200 kg (584 cbm Quadermauerwerk) vergröfsert worden ist, wurde doch der Druck auf den Baugrund von 9,47 auf 9,15 kg für 1 qcm herabgemindert [176]).

In neuerer Zeit werden derartige umgekehrte Gewölbe auch dann angewendet, wenn es sich darum handelt, unterirdische Räume, deren Sohle dem Grundwasserstande zu nahe oder sogar unter dem niedrigsten Grundwasserstand gelegen ist, trocken zu legen. Es wird der trocken zu legende Raum zunächst durch umgekehrte Gurtbogen in kleinere Felder getheilt, und in diese umgekehrte flache Erdkappen aus ganz guten Backsteinen in bestem Cement-Mörtel eingezogen, oder es kommen umgekehrte Tonnengewölbe zur Ausführung. Auch die Aufsenmauern, die sich an diese Gewölbe anschliesen, werden auf 50 cm über dem höchsten Wasserstand wasserdicht aufgeführt. Unterhalb der äufseren (unteren) Wölbflächen breitet man wohl auch noch eine wasserundurchläfsige (Isolir-) Schicht aus Lehmschlag, Asphalt, Asphaltplatten etc. aus; selbstredend müssen alsdann auch die begrenzenden Grundmauern mit den erforderlichen Isolirschichten versehen werden (Fig. 658).

176) Näheres: Deutsche Bauz. 1882, S. 231.

b) Pfeiler-Fundamente.

Pfeiler-Fundamente, welche nicht aus durchgehendem Fundament-Mauerwerk, fondern aus einzelnen gemauerten Fundament-Pfeilern beftehen, können zweifacher Art fein, und zwar Pfeiler-Fundamente für durchgehendes Tagmauerwerk und Fundamente für einzelne Pfeiler oder Freiftützen.

1) Pfeiler-Fundamente für durchgehendes Tagmauerwerk.

394. Wefen.

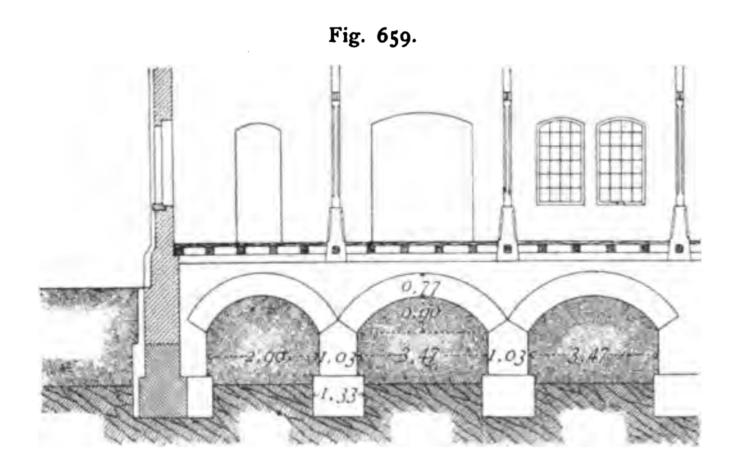
Um an Grundmauerwerk, unter Umftänden auch an Grundgrabung zu erfparen, hat man nicht felten bei gröfserer Mächtigkeit der nicht tragfähigen Schicht und längeren Mauern keine ununterbrochene Fundament-Mauerung ausgeführt, fondern nur einzelne Mauerpfeiler auf der tragfähigen Bodenfchicht errichtet, diefe oben durch Gurtbogen, fog. Grundbogen, mit einander verbunden und nach Abgleichung der Bogenzwickel auf diefer Subftruction das Tagmauerwerk hergeftellt.

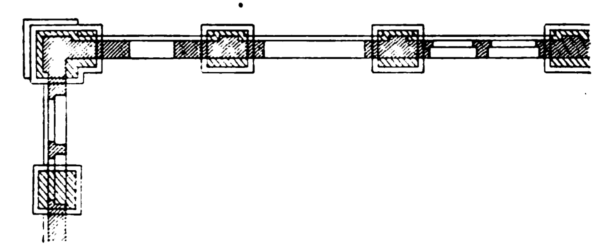
Die Fundament-Pfeiler müffen bei einer derartigen Anordnung einen fo grofsen wagrechten Querfchnitt erhalten, dafs fie den vom darauf ftehenden Gebäude ausgeübten lothrechten Druck aufzunehmen im Stande find. Ihr Querfchnitt mufs demnach fo grofs gewählt werden, dafs die gröfste darin vorkommende Preffung die zuläffige Druckbeanfpruchung des Fundament-Mauerwerkes nicht überfchreitet; die letztere ift im vorliegenden Falle höchftens zu 8 bis 10 kg für 1 qcm anzunehmen. Die Fundament-Pfeiler haben nach unten eine entfprechende Verbreiterung zu erfahren, damit der in der Bafis herrfchende Druck das für den vorliegenden Baugrund zuläffige Mafs nicht überfteigt.

Die Pfeiler werden fo angeordnet, dafs an die Ecken des Gebäudes jedesmal ein kräftiger Pfeiler zu ftehen kommt und dafs im Uebrigen die Axentheilung der Fenfter- und Thüröffnungen zu Grunde gelegt wird; befonders hat man es zu vermeiden, dafs auf die Mitte eines Grundbogens eine Einzellaft zu ftehen kommt. (Vergl. Fig. 659 bis 661.)

Die Fundament-Pfeiler find forgfältig, aus harten, lagerhaften Bruchfteinen in hydraulifchem Mörtel, bei grofsem Drucke ganz aus Quadern oder mit einzelnen Binderfcharen zu mauern. Hart gebrannte Backfteine follten nur ausnahmsweife verwendet und dann nur mit Cement-Mörtel gebunden werden.

Fig. 659.





Vom Güterfchuppen auf dem Bahnhofe zu Göttingen.
1/200 n. Gr.

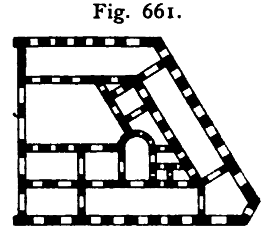
Fig. 660.

Von einem Wohn- und Geschäftshause in Madrid[177]. — 1/200 n. Gr.

395. Grundbogen.

Die Grundbogen follen fo angeordnet werden, dafs ihr Scheitel noch unter der Erdoberfläche gelegen ift. Als Bogenform wird, wo es an der erforderlichen Conftructionshöhe nicht fehlt, am beften der Halbkreisbogen gewählt; bei geringer Höhe wendet man Stichbogen an, deren Stichverhältnifs indefs nicht kleiner als 1 : 4 fein follte. Bisweilen find auch Spitzbogen ausgeführt worden, die jedoch nur dann zu empfehlen find, wenn der Scheitel des Grundbogens einem ifolirten Einzeldruck ausgefetzt ift. Als Material für die Grundbogen find fcharf gebrannte Backfteine oder harte und lagerhafte Bruchfteine anzuwenden; Quader find zwar nicht ausgefchloffen, in der Regel aber zu theuer.

Fig. 661.



Fundament-Plan zu Fig. 660[177]).
1/1000 n. Gr.

396. Gefammtanordnung und Ausführung

Bei der Gefammtanordnung und Ausführung der Fundament-Pfeiler und der fie überfpannenden Grundbogen zeigen fich nicht unwefentliche Verfchiedenheiten. Die wichtigften vorkommenden Fälle find die folgenden.

α) Man gräbt das lockere Bodenmaterial für jeden Fundament-Pfeiler getrennt aus, bis man auf die tragfähige Schicht gelangt; alsdann wird innerhalb jeder fchachtartigen Baugrube der Pfeiler bis zur Kämpferhöhe aufgemauert. Erforderlichen Falles ift während der Grundgrabung und der Mauerung die Baugrube wafferfrei zu halten.

Befteht die abzugrabende Bodenfchicht aus einer zufammenhängenden, fetten Erdart, fo ift häufig keine Zimmerung der fchachtartigen Baugruben erforderlich; unter Umftänden kann man fogar den zwifchen je zwei Pfeilern ftehen gebliebenen Erdkörper als Lehrbogen für die Einwölbung des Grundbogens benutzen, indem man diefen Erdkörper nach der Bogenform abgräbt. In derartigen Fällen ift die Erfparnifs, welche die Pfeileranordnung den voll gemauerten Fundamenten gegenüber ergiebt, eine wefentliche. Zwar fteht dem Gewinne an Grundaushebung und Fundament-Mauerwerk, event. auch an Wafferfchöpfen, der Nachtheil entgegen, dafs das Abteufen einer fchachtartigen Baugrube (einfchl. der Emporfchaffung des ausgegrabenen Bodenmaterials) theuerer zu ftehen kommt, als das einer lang geftreckten Grube, dafs auch das Mauern in einem folchen engen Schachte nicht bequem und einfach, alfo auch nicht billig genug vorgenommen werden kann, und dafs die Herftellung der Grundbogen theuerer zu ftehen kommt, als die Ausführung eines gleichen Volums von aufgehendem Mauerwerk; indefs ift die Erfparnifs doch eine fo grofse, dafs fie durch die zuletzt erwähnten Mehrkoften nicht aufgewogen wird. Unter befonders günftigen Verhältniffen kann fchon bei 3 m Fundirungs-Tiefe die Pfeilergründung einem voll gemauerten Fundament vorzuziehen fein.

β) Wenn jedoch die mit den Fundament-Pfeilern zu durchfetzende Bodenfchicht locker ift, fo müffen die fchachtartigen Baugruben ausgezimmert werden; die Zimmerung fällt um fo ftärker, d. i. um fo theuerer aus, je lockerer das betreffende Bodenmaterial ift, und die Erfparniffe an Grundaushebung und Fundament-Mauerwerk verfchwinden zum Theile oder ganz in Folge der hohen Koften der Schachtzimmerung.

In derartigen Fällen fieht man defshalb von der unter α gedachten Ausführungsweife ab und kann folgende Gründungs-Methoden anwenden:

---

177) Nach: *Nouv. annales de la conft.* 1876, Pl. 26.

397. Erfatz durch Brunnenpfeiler etc.

a) Man hebt keine Baugruben aus und erfetzt die von unten nach oben zu mauernden Fundament-Pfeiler durch Senkbrunnen oder Senkröhren, die von oben nach unten in den Boden eingefenkt werden. Von diefer Methode, die hauptfächlich bei grofser Fundirungs-Tiefe und ftarkem Wafferandrang zu empfehlen ift, wird noch in Kap. 2. u. 3. des nächften Abfchnittes eingehend die Rede fein. Unter gewöhnlichen Verhältniffen läfft fich annehmen, dafs bei 5 bis 6 m Tiefe der Fundament-Bafis unter dem Terrain Pfeiler-Fundamente noch vortheilhaft find; bei noch gröfserer Tiefe kommt die Senkbrunnen-Gründung in der Regel billiger zu ftehen. Doch find Pfeiler-Fundamente der vorbefchriebenen Art für viel gröfsere Tiefen (z. B. für 17 m Tiefe bei dem in Fig. 660, S. 278 dargeftellten Gebäude) ausgeführt worden.

398. Durchgehendes Banket.

b) Man hebt nicht, den einzelnen Pfeilern entfprechend, einzelne fchachtartige Baugruben aus, fondern für die ganze Mauer eine einzige ununterbrochene Baugrube. Die Auszimmerung einer folchen lang geftreckten Baugrube ift häufig billiger, als die mehrerer einzelnen Schächte; auch kann die Mauerung der Pfeiler bequemer und billiger ausgeführt werden.

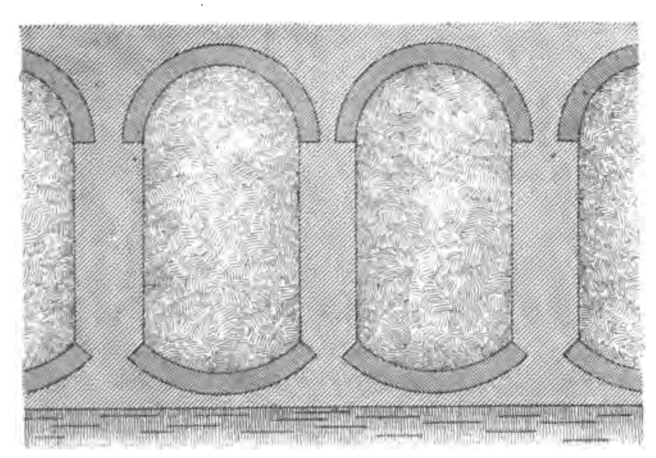
Ift die Bodenfchicht, auf der die Fundament-Pfeiler erbaut werden follen, nicht widerftandsfähig genug, fo kann es in einem folchen Falle zweckmäfsig fein, über die ganze Länge der Baugrube eine gemauerte Sockelfchicht (durchgehendes Banket) oder eine Beton-Schicht auszubreiten und erft über diefer mit der Mauerung der Einzelpfeiler zu beginnen.

399. Erdbogen.

c) Bisweilen ift man genöthigt, auf einer Bodenfchicht zu fundiren, die zwar gleichmäfsig tragfähig, aber noch nicht feft genug ift, die von den einzelnen Fundament-Pfeilern ausgeübten Drücke mit Sicherheit aufzunehmen. Will man in einem folchen Falle die Drücke auch auf die zwifchen den Pfeilern gelegenen Baugrundflächen vertheilen, fo wende man umgekehrte Gewölbbogen an, die zwifchen den Fundament-Pfeilern einzufpannen find (Fig. 662).

Solche umgekehrte Fundament-Bogen, E r d b o g e n, G e g e n b o g e n oder C o n t r e - B o g e n genannt, find für die Druckvertheilung befonders dann geeignet, wenn die für die Fundamente gegebene Conftructionshöhe im Verhältnifs zu den Abftänden der einzelnen Pfeiler von einander fo befchränkt ift, dafs eine einfache Verbreiterung der Pfeiler oder ein durchgehendes Banket nicht genügend wirkfam ift. Eben fo find Erdbogen ein vortreffliches Mittel, wenn der Baugrund fo nachgiebig ift, dafs bei ftärkerem Drucke ein Auftrieb des Bodens, d. i. ein feitliches Ausweichen und Emporfteigen deffelben zu befürchten fteht.

Fig. 662.



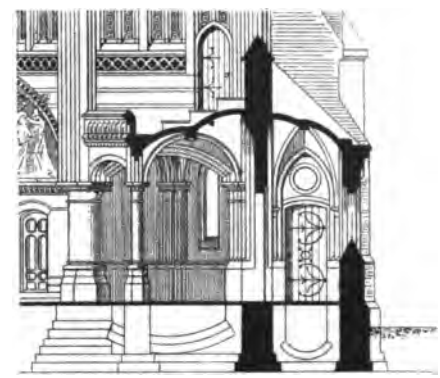
Pfeiler-Fundament mit Erd- und Grundbogen. — 1/200 n. Gr.

Die Anordnung der Fundamente wird die vortheilhaftefte fein, wenn die Druckvertheilung über die ganze Fundament-Sohle gleichmäfsig gefchieht; gleichartigen Baugrund vorausgefetzt, wird fich die Form und Stärke der Erdbogen aus dem gleichmäfsig vertheilt anzunehmenden Gegendruck des Baugrundes auf die

Fundament-Sohle ergeben. Hiervon ausgehend hat *Koenen*[178]) Form und Stärke folcher Bogen theoretifch unterfucht.

Gewöhnlich werden die Erdbogen in Stichbogen-, feltener in Halbkreisbogenform ausgeführt; die äufsere (untere) Wölbfläche derfelben mufs feft hintermauert fein, damit fie nicht nach unten ausweichen kann. An den Mauerecken follen die betreffenden Pfeiler fo ftark fein, dafs fie dem einfeitigen Wölbfchube der Erd- und der Grundbogen Widerftand leiften können.

Fig. 663.



Von der St. Johannis-Kirche zu Altona [179]).

1/100 n. Gr.

400. Pfeiler-Fundamente in aufgefchüttetem Boden.

γ) Am einfachften und auch vortheilhafteften wird die Anordnung und Ausführung von Pfeiler-Fundamenten, wenn die Bodenfläche, auf der das Gebäude zu errichten ift, höher gelegt, d. i. aufgefchüttet werden foll. In einem folchen Falle, der hauptfächlich auf Stadterweiterungsgründen, bei Bebauung von früheren Feftungsgrabenflächen, auf Bahnhöfen, die im Auftrage gelegen find, etc. vorkommt, erbaut man die Fundament-Pfeiler, bevor die Auffchüttung vorgenommen worden ift. Die Koften der in dem aufgefchütteten Material herzuftellenden Baugrube entfallen alsdann ganz, und die Koftenerfparnifs bei der Gründung des Gebäudes ift eine fehr wefentliche.

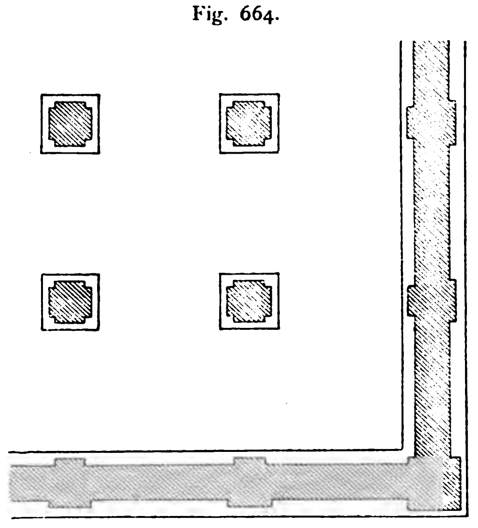
2) Fundamente für einzelne Pfeiler.

401. Anordnung.

Nicht felten werden die Decken- und Dach-Conftructionen gröfserer Räume von einzelnen fteinernen, hölzernen oder eifernen Säulen, von gemauerten Pfeilern oder fonftigen Freiftützen getragen, fo dafs der von der gewölbten oder von der Balken-Decke, bezw. vom Dache ausgeübte lothrechte Druck von diefen Stützen, unter Umftänden auch noch von den etwa vorhandenen Umfaffungswänden aufgenommen wird und auf den Baugrund zu übertragen ift (Fig. 664).

Je nach den Druck- und den Bodenverhältniffen werden die Fundamente der einzelnen Freiftützen unabhängig von einander hergeftellt oder durch Zwifchen-Conftructionen in Verbindung gebracht. Es kommen hauptfächlich die folgenden Anordnungen vor.

Fig. 664.



1/200 n. Gr.

α) Jede Freiftütze erhält ein gemauertes Pfeiler-Fundament für fich, das mit den entfprechenden Fundament-Abfätzen verfehen eine fo grofse Bafis erhält, dafs der Baugrund dem herrfchenden Drucke mit Sicherheit widerftehen kann. Diefe Anordnung ift zu empfehlen, wenn der Baugrund ein fehr guter ift, wenn die Freiftützen weit von einander abftehen und

---

178) Ueber Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11.

179) Facf.-Repr. nach: Zeitfchr. f. Bauw. 1877, Bl. 7.

Fig. 665.

Vom Zollamts-Gebäude zu Paris [180]).

$^1/_{200}$ n. Gr.

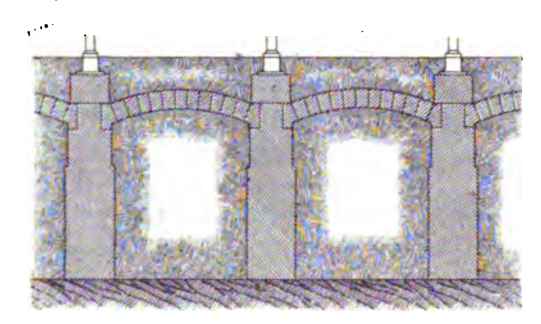
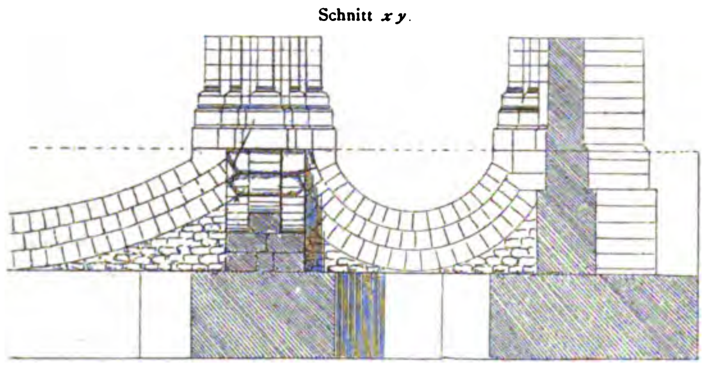
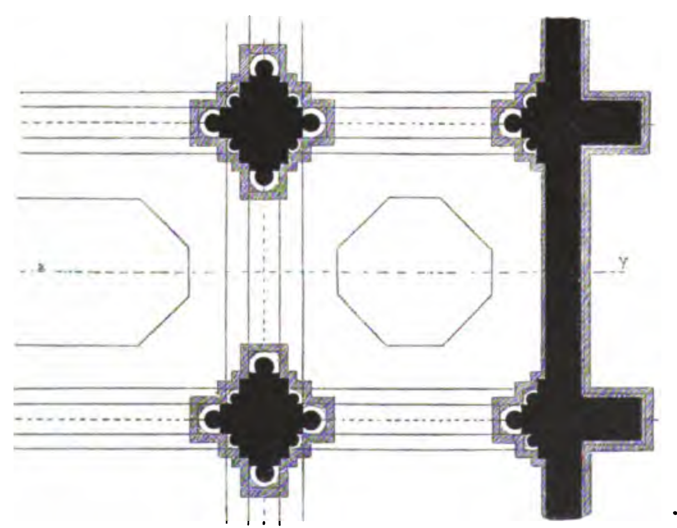




Fig. 666.

Schnitt *x y*.





Von der Kirche *de la Bastide* zu Bordeaux [181]).

$^1/_{200}$ n. Gr.

wenn die Laft, die fie zu tragen haben, nicht grofs ift.

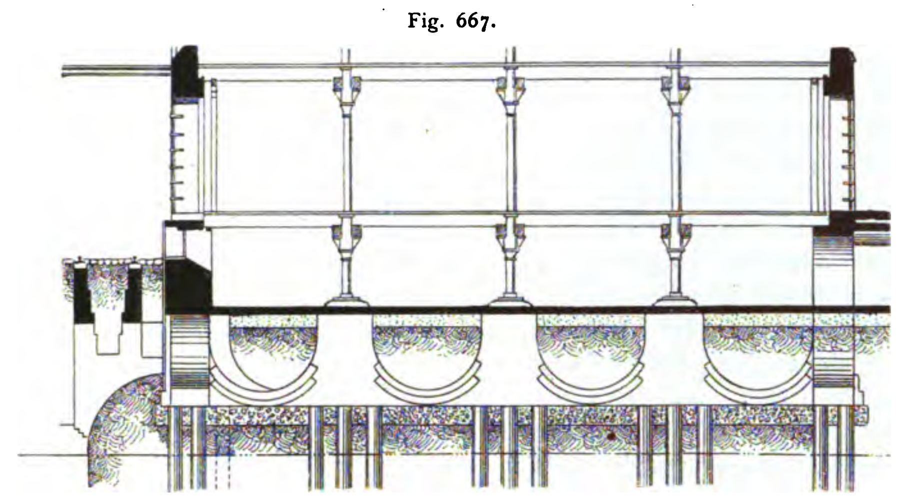
Ueber die befonderen Vorkehrungen, welche bei eifernen Freiftützen, insbefondere wenn fie feitlichen Schüben ausgefetzt find, nothwendig werden, ift bereits in Art. 276 (S. 182) die Rede gewefen.

β) Wenn in der geftützten Decken- oder Dach-Conftruction einfeitige wagrechte Schübe in Folge von unfymmetrifchen Belaftungen, Erfchütterungen, Stöfsen, Winddruck etc. entftehen können, fo empfiehlt es fich, die Fundament-Pfeiler gegen den Einflufs derfelben dadurch zu fichern, dafs man zwifchen ihnen Gurtbogen, nach Art der früher befprochenen Grundbogen, einfpannt. Derlei Verfteifungsbogen werden blofs in dem einen Sinne (Fig. 665) oder auch nach beiden einander durchkreuzenden

180) Nach: *Encyclopédie d'arch.* 1876, Pl. 1427.

181) Facf.-Repr. nach: *Gazette des arch.* 1865, S. 41.

Fig. 667.



Vom Waarenfpeicher am Kaifer-Quai in Hamburg [182]). — $^1/_{200}$ n. Gr.

Richtungen angeordnet, je nachdem folche Schübe in der einen oder in beiden Richtungen vorkommen können.

Unter befonders ungünftigen Verhältniffen kann es auch angezeigt fein, in der Höhe diefer Gurtbogen fchmiedeeiferne Zuganker einzuziehen.

γ) Aus gleichen Gründen werden bisweilen nahe an der Fundament-Sohle in ganz ähnlicher Weife umgekehrte Gurtbogen, die mit den vorher befprochenen Erd- oder Gegenbogen übereinftimmen, angeordnet (Fig. 663 u. 666). Diefelben können auch dazu dienen, den von den Einzelpfeilern auf den Baugrund ausgeübten Druck auf eine gröfsere Fläche zu vertheilen und einem etwaigen feitlichen Ausweichen des Bodens entgegenzuwirken.

Fig. 668.

Schnitt *MN*.

M N

$^1/_{200}$ n. Gr.

Bisweilen erfcheint es zur Sicherung des ganzen Baues angezeigt, Verbindungen, bezw. Abfteifungen durch Grund- und Gegenbogen vorzunehmen. Auch wird die Anordnung von Gegenbogen mit der Pfahlroft-Gründung zugleich angewandt (Fig. 667), wovon noch bei der letzteren die Rede fein wird.

δ) Läfft der Baugrund unter ftärkerem ifolirten Drucke ein feitliches Ausweichen befürchten, fo kann man dem hierdurch hervorgebrachten Auftriebe entweder durch Belaftung

182) Nach: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1874, Bl. 39.

des zwifchen den Fundament-Pfeilern befindlichen Bodens oder durch umgekehrte Gewölbe entgegenwirken.

Im erfteren Falle kann eine durchgehende Mauerfchicht (durchgehendes Banket, fiehe Art. 398) angewendet werden; noch beffer ift eine Betonfchicht, die unter dem ganzen Raume ausgebreitet wird und nicht nur durch ihr Gewicht, fondern auch durch ihre Zugfeftigkeit wirkt.

Bei ftärkerem Auftriebe werden umgekehrte Gewölbe angewendet und als Tonnen- oder als Kappengewölbe (fog. Erdkappen) ausgeführt. Bei Tonnengewölben werden zwifchen den in einer Reihe gelegenen Pfeilern umgekehrte Gurtbogen (Erdbogen) in der einen Richtung angelegt und winkelrecht dazu die Tonnengewölbe eingezogen. Sollen Erdkappen ausgeführt werden, fo werden zuerft durch umgekehrte Längs- und Quergurtbogen viereckige Räume zwifchen je vier Pfeilern gebildet und in diefe die umgekehrten Kappen eingezogen (Fig. 668). Es ift hier ftets eine Untermauerung, die zugleich als Lehre für die Gewölbe dient, zu empfehlen.

c) Fundamente aus Trockenmauerwerk, Steinpackungen und Steinfchüttungen.

402. Trockenmauerwerk.

Bei weniger wichtigen Bauwerken, bei folchen, die auf eine lange Dauer keinen Anfpruch machen und die den Baugrund nicht ftark belaften, hat man die Fundamente aus Trockenmauerwerk hergeftellt. Derartige Fundamente gewähren nur dann einige Sicherheit, wenn der Baugrund gut ift, wenn möglichft grofse und fefte Steine zur Anwendung kommen, wenn fie in thunlichft regelmäfsigem Schichtenverbande vermauert werden und wenn durch entfprechende Fundament-Verbreiterung der Normaldruck auf die Flächeneinheit möglichft klein ift.

Bei einem grofsen Theile der alt-ägyptifchen, hellenifchen und römifchen Bauwerke find die Fundamente aus forgfältig bearbeiteten und eben fo gefügten Quadern ohne jedes Bindemittel — alfo aus Trockenmauerwerk — ausgeführt (z. B. Parthenon, Thefeion, Erechtheion, Hercules- [früher Vefta-] Tempel in Rom etc.). Viele diefer Bauwerke find auf den gewachfenen Felfen, auf den Gipfeln von Anhöhen und Bergen gegründet; andere üben auf den Untergrund einen nur geringen Druck aus, weil fie meift mächtig und breit ausgeführte Fundamente befitzen und ihr eigenes Gewicht in der Regel nicht bedeutend ift. Die gewählte Gründungsart erfcheint in Folge deffen zuläffig, was u. A. auch der Beftand jener Bauwerke bis heute beweist.

In Finnland wird feit langer Zeit für die Fundamente Trockenmauerwerk verwendet. Man fieht dort eine Menge alter Kirchen, die aus der Zeit der Einführung des Chriftenthumes in diefer Gegend herrühren und in folcher Weife fundirt find.

Gegenwärtig wird diefe Gründungsmethode meift nur benutzt, wenn man an Arbeit und an Mörtel fparen will; man verwendet fie zu kleineren Nebengebäuden, wie Schuppen etc., für einzeln ftehende Mauern, für kleinere ländliche Gebäude, für proviforifche Bauwerke etc. Man hat wohl auch, insbefondere bei ländlichen Gebäuden, die Fugen mit Lehm, bezw. Lehmmörtel, mit Moos, Erde, felbft mit Sand ausgefüllt.

403. Steinpackungen.

Wo Mangel an gröfseren und lagerhaften Steinen ift, hat man die Fundament-Gräben wohl auch nur mit einer trockenen Steinpackung ausgefüllt und darauf das Tagmauerwerk gefetzt. Diefe noch weniger folide Gründungsweife kann blofs für Bauwerke untergeordneter Natur angewendet werden.

404. Steinfchüttungen.

Hierher gehören auch noch die aus Steinfchüttungen hergeftellten Fundamente, welche bisweilen für folche Bauwerke angewendet werden, die im offenen Waffer zu errichten find. Sie gewähren den Vortheil, dafs fie die immer koftfpielige Herftellung einer Baugrube im Waffer nicht erfordern; indefs ift ihre Solidität eine fehr

geringe. Fundamente aus Steinſchüttungen kommen hauptſächlich für Bauten im Meere (Hafendämme, Moli etc.) in Anwendung.

Betreff der Gröſse der zu benutzenden Steine ſei auf Art. 366 (S. 257) verwieſen. Hat man genügend groſse Steine nicht in hinreichender Menge zur Verfügung, ſo kann man wohl auch für den Fundamentkern kleinere Steine verwenden, die Böſchungen dagegen aus möglichſt groſsen Steinen herſtellen. Iſt die Strömung eine ſehr bedeutende, ſo verwendet man künſtliche Beton-Blöcke von 25 bis 50, ſelbſt bis 100 cbm Rauminhalt und darüber; natürliche Steine von ſolcher Gröſse kommen meiſt theuerer zu ſtehen.

Die Steinſchüttungen bilden den Uebergang zu den im folgenden Kapitel zu beſprechenden »geſchütteten Fundamenten«; in gewiſſem Sinne können ſie unmittelbar zu letzteren gezählt werden.

Literatur

über »gemauerte Fundamente«.

ENGEL, C. L. Ueber Fundamente aus Bruchſteinen ohne Mörtel. Journ. f. d. Bauk., Bd. 2, S. 23.
Fondation de 47 puits maçonnés exécutés à Madrid. Nouv. annales de la conſt. 1867, S. 93.
SPIEKER. Fundirung eines Monumentes. Zeitſchr. f. Bauw. 1872, S. 124.
Ausgeführte Pfeiler-Gründung. HAARMANN's Zeitſchr. f. Bauhdw. 1873, S. 187.
Ueber mangelhafte Ausführung von Fundamentmauerwerk. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 52.
KOENEN, M. Ueber Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11.

3. Kapitel.

Fundamente aus Beton- und Sandſchüttungen.

405. Geſchüttete und Schwellroſt-Fundamente.

Wenn ein genügend widerſtandsfähiger Baugrund in angemeſſener Tiefe nicht vorhanden iſt, auch nicht mit Hilfsmitteln erreicht werden kann, die den verfügbaren Geldmitteln, der vorgeſehenen Bauzeit oder dem Zwecke des betreffenden Bauwerkes entſprechen; ſo iſt man nicht ſelten genöthigt, in nur geringer Tiefe auf ſtark preſsbarem Baugrund zu fundiren. Bei Conſtruction der Fundamente iſt alsdann das Hauptaugenmerk auf möglichſte Herabminderung des Einſinkens, namentlich aber auf Verhütung des ungleichmäſsigen Setzens derſelben zu richten.

In derartigen Fällen können nicht mehr gemauerte Fundamente angewendet werden, weil dieſelben den vom Bauwerk ausgeübten Druck nicht in genügender Weiſe nach unten vertheilen und weil ſie bei ungleichmäſsiger Beſchaffenheit des Baugrundes partielle, d. i. ſchädliche Einſenkungen erleiden. Es empfehlen ſich Beton-, Sand- und Schwellroſt-Fundamente.

a) Beton-Fundamente.

406. Allgemeines.

Conſtructionstheile eines Bauwerkes, die aus Beton hergeſtellt ſind, werden häufig als Guſsmauerwerk bezeichnet; dem entſprechend ſchlieſsen ſich an die im vorhergehenden Kapitel behandelten gemauerten Fundamente die Beton-Fundamente naturgemäſs an.

Das Kennzeichnende dieſer Gründungsweiſe beſteht in der Herſtellung einer monolithen Fundament-Platte, bezw. eines monolithen Fundament-Klotzes, aus einer einheitlichen Maſſe ohne jegliche Lager- und Stoſsfugen gebildet. Die monolithe Beton-Platte, bezw. der monolithe Beton-Klotz müſſen hoch genug ſein und eine genügende Grundfläche haben, um den vom darauf ſtehenden Bauwerk ausgeübten

Druck aufnehmen zu können und in folcher Weife auf den Baugrund zu übertragen, dafs das Fundament keine nachtheilige Veränderung erfährt.

Im alten Rom wurden Fundamente aus Gufsmauerwerk vielfach zur Anwendung gebracht, wozu die Befchaffenheit des Baugrundes wefentlich beitrug. Der letztere befteht aus aufgehäuften vulcanifchen Maffen, die ziemlich zähe find und in Folge deffen geftatteten, dafs man die Baugrube mit lothrechten Wänden aushob und diefelbe entweder gar nicht oder nur fehr leicht abzimmerte. Auf folche Weife bildeten die Fundament-Gräben ein genügend widerftandsfähiges Bett, in welches das Gufsmauerwerk eingebracht und feft geftampft werden konnte.

Beton-Fundamente können eben fo wohl im Trockenen, als auch in Baugruben ausgeführt werden, aus denen das Grundwaffer gefchöpft wird; in gleicher Weife können fie auch für Bauwerke im Waffer Anwendung finden. Man kann mit Hilfe einer Schicht hydraulifchen Betons das Eindringen des Grundwaffers von unten, wenn nöthig auch von der Seite verhüten. Der Beton ift auch in vorzüglicher Weife geeignet, etwaige Unregelmäfsigkeiten der Baufohle auszugleichen. Ueberhaupt bilden Beton-Gründungen, an richtiger Stelle angewendet und in richtiger Weife ausgeführt, eine vorzügliche Fundirungs-Methode.

407. Material.

Für die Herftellung eines Beton-Fundamentes ift hydraulifcher Beton nicht unbedingt erforderlich; bei Gründungen im Trockenen kann Luftmörtel zur Beton-Bereitung verwendet werden; dagegen mufs man möglichft rafch erhärtendes Material, am beften Cement-Beton wählen, wenn man das Eindringen von Waffer in die Baugrube verhüten will. Für die Güte des zu verwendenden Betons ift auch die Belaftung, der er zu widerftehen hat, und der Baugrund, auf den er zu liegen kommt, mafsgebend. Zum Tragen von Bauwerken geringer Ausdehnung und mäfsiger Laft, fo wie bei fefterem Baugrunde genügt eine mittlere Befchaffenheit Beton und eine leichte Ausführung. Für das Tragen fchwerer Laften jedoch (4 kg für 1 qcm und darüber), zur Ausgleichung des Druckes über ftark prefsbarem Boden oder zu Dichtung von Quellen ift die befte Sorte Beton und fehr forgfältige Arbeit erforderlich. Die forgfältigfte Ausführung ift vor Allem dann nothwendig, wenn das Bauwerk bei grofser Grundfläche, bei grofsem Wafferdruck und durchläffigem Boden ein wafferdichtes Becken bilden foll.

Der letztgedachte Fall tritt bei der Ausführung gröfserer Behälter ein. Ein intereffantes Beifpiel bietet auch die Fundirung des Bühnenraumes im neuen Opernhaufe zu Paris dar; man hatte es dort mit einem fehr bedeutenden Grundwafferandrang zu thun; daffelbe ftrömte unter einer Druckhöhe von ca. 5 m zu. Um die Räume unterhalb der Bühne trocken zu erhalten, wurde ein grofses Becken aus Cement-Beton ausgeführt.

Betreff der Beton-Bereitung und der dazu zu verwendenden Materialien fei auf Theil I, Band 1 diefes »Handbuches« (Abth. I, Abfchn. 1, Kap. 4) verwiefen.

408. Abmeffungen.

Die Mächtigkeit des Beton-Fundamentes ift abhängig von der Befchaffenheit des Betons, von der gröfseren oder geringeren Prefsbarkeit des Baugrundes, von der Gröfse der auf dem Fundamente ruhenden Laft und in manchen Fällen von der Druckhöhe, unter welcher der Wafferzudrang in die Baugrube ftattfindet.

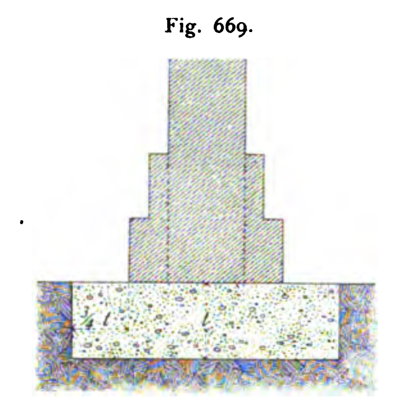
Was die erftgenannten drei Factoren anbelangt, fo kann als Anhaltspunkt dienen, dafs guter hydraulifcher Beton bei ca. 1 m Stärke eine Laft von 4 bis 5 kg für 1 qcm Nutzfläche mit Sicherheit tragen kann, wenn der Baugrund wenig prefsbar ift und die Verhältniffe fonft günftig find; dagegen nur 2,5 kg, wenn ftark nachgiebiger Baugrund vorhanden, oder wenn derfelbe ungleichartig, oder wenn die Belaftung nicht gleichmäfsig vertheilt ift. Unter gewöhnlichen Verhältniffen genügt alsdann eine Mächtigkeit des Beton-Fundamentes von 0,75 bis 1,00 m; ja man kann bei geringer Laft auch auf 60, felbft auf 50 cm herabgehen.

Hat man Zweifel über die Tragfähigkeit des Baugrundes oder über die zu erwartende Tragfähigkeit einer Beton-Platte von beſtimmter Dicke (namentlich bei gröſseren Belaſtungen), ſo ſind unmittelbare Verſuche zu empfehlen. Beton-Blöcke von der beabſichtigten Breite und Mächtigkeit werden auf dem vorhandenen Baugrunde probeweiſe ausgeführt und Probebelaſtungen bis zum $1\frac{1}{4}$- bis $1\frac{1}{2}$-fachen des künftigen Druckes vorgenommen; dabei dürfen ſich an den Blöcken weder Aenderungen in der äuſseren Form, noch in den Höhenverhältniſſen zeigen. Es genügt, im vorliegenden Falle die Verſuchslaſten nur mit $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ der definitiven Laſten anzunehmen, weil der Beton im Laufe der Zeit immer härter wird.

Zeigt ſich in der Baugrube ein ſtarker Waſſerandrang und ſoll die Beton-Platte in erſter Reihe dem durch die Waſſerzuſtrömung entſtehenden Auftriebe entgegenwirken, damit alsdann die Baugrube durch Waſſerſchöpfen trocken gelegt werden könne, ſo läſſt ſich nach Art. 366 (S. 257) die erforderliche Stärke der Beton-Schicht berechnen, indem man die maſsgebende Waſſertiefe durch das Gewicht der Volumeinheit Beton (2,0 bis 2,2) dividirt.

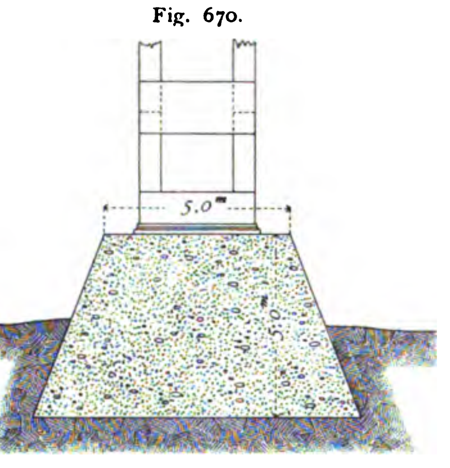
Die ſo gefundene Stärke iſt, wie an der angezogenen Stelle bereits geſagt wurde, jedenfalls zu groſs, da das Waſſer bei der Bewegung zwiſchen den Bodentheilchen einen Widerſtand erfährt, der ſeine Geſchwindigkeit verringert. Es iſt deſshalb nicht nothwendig, die berechnete Stärke im Intereſſe gröſserer Sicherheit zu vermehren; unter Umſtänden iſt ſogar eine Verringerung derſelben zuläſſig.

Fig. 669.



Die Grundfläche eines Beton-Fundamentes ergiebt ſich aus deſſen Nutzfläche und letztere wieder aus der zuläſſigen, im vorhergehenden Artikel bereits angegebenen Belaſtung für die Flächeneinheit. Uebt das auf das Beton-Fundament aufzuſetzende Bauwerk einen gröſseren, als den zuläſſigen Maximaldruck aus, ſo muſs derſelbe durch entſprechende Verbreiterung des betr. Mauerwerkes oder der ſonſtigen Conſtructionstheile herabgemindert werden (Fig. 669). In den allermeiſten Fällen genügt es, wenn die Sohle des Beton-Fundamentes vor der Grundfläche des darauf geſetzten Bauobjectes an allen Seiten um etwa $\frac{3}{4}$ ſeiner Stärke vorſpringt (Fig. 669). Meiſt werden parallelepipediſch geſtaltete Beton-Platten zur Ausführung gebracht (Fig. 669); indeſs kommen auch Beton-Klötze vor, deren wagrechter Querſchnitt ſich nach unten vergröſsert (Fig. 670).

Fig. 670.



Beton-Fundament einer Freiſtütze von der Weltausſtellungs-Rotunde in Wien (1873).

$\frac{1}{200}$ n. Gr.

In Rotterdam und anderen holländiſchen Städten werden bei Gründungen auf Moorboden von bedeutender Mächtigkeit Beton-Fundamente von ſehr groſser Breite angewendet, ſo daſs die Betonkörper mit ſehr breiten Abſätzen vor den betreffenden Mauern vorſpringen. Man erzielt dadurch ein gleichmäſsiges Einſinken des ganzen Gebäudes, welches Anfangs ſehr beträchtlich iſt, ſpäter jedoch ganz aufhört.

409. Durchgehendes Beton-Fundament.

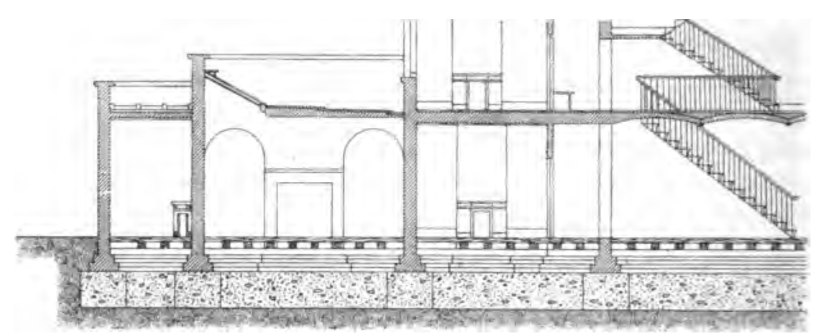
Handelt es ſich um die Gründung eines gröſseren Gebäudes, ſo wird in den meiſten Fällen jede Wand, bezw. jeder Pfeiler deſſelben auf ein beſonderes Beton-Fundament geſetzt. Sind jedoch die Räume eines Gebäudes ſehr klein, ſo daſs die

Wände deffelben einander fehr nahe ftehen, oder ift der Baugrund fehr nachgiebig, fo dafs unter ftärkerem Drucke ein Emporfteigen feiner nicht belafteten Theile zu befürchten ift, fo legt man unter das ganze Gebäude eine durchgehende Beton-Platte.

Das in Londoner Häufern vielfach angewendete Gründungsverfahren ift durch Fig. 671 veranfchaulicht. — Beim Bau der Marien-Kirche in Stuttgart (Arch.: *v. Egle*) ift jeder der beiden Thürme auf eine durchgehende Beton-Platte (Portland-Cement-Beton) von 140 qm Grundfläche und 1,4 m Dicke gefetzt worden.



Fig. 671.



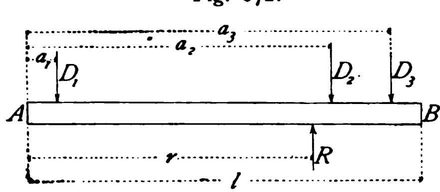
Von einem Wohnhaus zu London (*Lowndes ftreet*[183]). — 1/200 n. Gr.

Eine derartige durchgehende Beton-Platte mufs in folcher Dicke ausgeführt werden, damit fie unter den ifolirten Drücken der auf diefelbe aufgefetzten Mauern etc. nicht bricht.

Bei bekannten Druckverhältniffen läfft fich die Dicke einer folchen Platte in folgender Weife ermitteln.

Wird eine Beton-Platte AB (Fig. 672) durch die ifolirten Drücke D_1, D_2, D_3 ... belaftet, die in den Abftänden a_1, a_2, a_3 ... von der Kante A wirkfam find, fo ift die dadurch hervorgerufene Reaction R des Baugrundes

Fig. 672.



$$R = D_1 + D_2 + D_3 \ \ . \ . \ . = \Sigma\,(D).$$

Der Abftand r (von der Kante A), in welchem diefe Reaction R angreift, beftimmt fich aus der Momentengleichung

$$D_1 a_1 + D_2 a_2 + D_3 a_3 + \ . \ . \ . = R r$$

oder

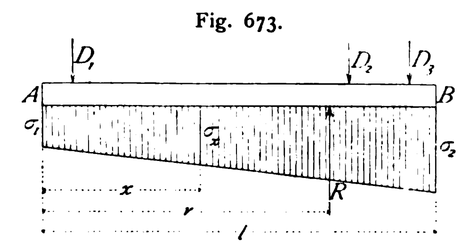
$$\Sigma\,(D a) = R r$$

zu

$$r = \frac{\Sigma\,(D a)}{R} = \frac{\Sigma\,(D a)}{\Sigma\,(D)} .$$

Nimmt man den Beton als ganz unelaftifch an, was nach vollftändigem Erhärten deffelben fehr nahe der Fall ift, fo findet, homogenen Baugrund vorausgefetzt, die Vertheilung der herrfchenden Drücke nach einer geraden Linie ftatt, und es ergiebt fich, wegen der im Allgemeinen excentrifchen Beanfpruchung als Druckfigur ein Trapez[184]). Alsdann ift nach Fig. 673, wenn man die Spannungen an den Kanten A und B mit σ_1 und σ_2 bezeichnet,

Fig. 673.



$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}\, l = R = \Sigma\,(D),$$

woraus

$$\sigma_1 = \frac{2R}{l} - \sigma_2 .$$

Es ift ferner

$$R r = \frac{\sigma_1\, l^2}{2} + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2}\, l \frac{2}{3}\, l$$

---

183) Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1855, Pl. 16, 22.

184) Siehe Theil I, Bd. 1 diefes »Handbuches«, Art. 320 u. 321 (S. 274 u. 275).

oder

$$Rr = \sigma_1 \frac{l^2}{6} + \sigma_2 \frac{l^2}{3},$$

woraus

$$\sigma_1 = \frac{6\,Rr}{l^2} - 2\,\sigma_2.$$

Hiermit den oben gefundenen Werth von σ_1 verglichen, giebt

$$\frac{2\,R}{l} - \sigma_2 = \frac{6\,Rr}{l^2} - 2\,\sigma_2,$$

woraus

$$\sigma_2 = \frac{2\,R}{l}\left(\frac{3\,r}{l} - 1\right);$$

daher

$$\sigma_1 = \frac{2\,R}{l}\left(2 - \frac{3\,r}{l}\right).$$

Für einen beliebigen Punkt im Abftande x von der Kante A ift die Spannung σ_x aus dem Verhältnifs

$$\frac{\sigma_x - \sigma_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{x}{l}$$

zu beftimmen, ergiebt fich alfo zu

$$\sigma_x = (\sigma_2 - \sigma_1)\,\frac{x}{l} + \sigma_1.$$

Für die Ermittelung der Beton-Plattendicke ift auch die Beftimmung der Biegungsmomente erforderlich. Für den durch den Abftand x von der Kante A gegebenen Punkt ift das Moment

$$M_x = D_1\,(x - a_1) + D_2\,(x - a_2) + \ldots - \frac{\sigma_1\,x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3}$$

oder

$$M_x = \Sigma\,[D\,(x - a)] - \frac{\sigma_1\,x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3};$$

für σ_x den obigen Werth eingefetzt:

$$M_x = \Sigma\,[D\,(x - a)] - \frac{\sigma_1\,x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6\,l}\,x^3.$$

Das Biegungsmoment M_x bildet hiernach eine Curve dritten Grades, deren gröfste Ordinate das Maximum vorftellt. Differenzirt man die letzte Gleichung nach x, fo erhält man

$$\frac{d\,M_x}{dx} = \Sigma\,(D) - \sigma_1\,x - \frac{3}{6\,l}\,x^2\,(\sigma_2 - \sigma_1) = \Sigma\,(D) - \sigma_1\,x - \frac{x^2}{2\,l}\,(\sigma_2 - \sigma_1) = 0,$$

woraus fich ergiebt

$$x = -\frac{\sigma_1}{\frac{1}{l}\,(\sigma_2 - \sigma_1)} \pm \sqrt{\left[\frac{\sigma_1}{\frac{1}{l}\,(\sigma_2 - \sigma_1)}\right]^2 + \frac{\Sigma\,(D)}{\frac{1}{2\,l}\,(\sigma_2 - \sigma_1)}}\,.$$

Diefe Gleichung ift in dem durch Fig. 673 dargeftellten Falle fowohl für $\Sigma\,(D) = D_1$, als auch für $\Sigma\,(D) = D_1 + D_2$ zu löfen, um zu ermitteln, ob das Maximal-Moment zwifchen D_1 und D_2 oder zwifchen D_2 und D_3 gelegen ift.

Für die Beanfpruchung auf Biegung ift nun [185])

$$\frac{\mathcal{J}}{a} = \frac{M_{max}}{K},$$

wenn mit $\mathcal{J}$ das Trägheitsmoment des Querfchnittes, mit a der Abftand der am meiften gezogenen Fafer von der neutralen Axe, mit M_{max} das Maximal-Moment und mit K die gröfste zuläffige Beanfpruchung des Betons auf Zug bezeichnet wird.

Ift, wie in den meiften Fällen, der Querfchnitt der Beton-Platte rechteckig (Breite $= b$, Höhe $= h$), fo ift $\mathcal{J} = \frac{b\,h^3}{12}$. Nimmt man $b = 1^m$ an, fo wird $\mathcal{J} = \frac{h^3}{12}$, und da $a = \frac{1}{2}\,h$ ift, wird aus obiger Bedingungsgleichung

$$h = \sqrt{\frac{6\,M_{max}}{K}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 192.$$

[185]) Nach Gleichung 36. auf S. 262 in Theil I, Band 1 diefes »Handbuches«.

Beifpiel. Für den durch Fig. 672 näher bezeichneten Fall feien die von 3 Parallelmauern eines Haufes (auf eine Tiefe von 1^m normal zur Bildfläche) ausgeübten Drücke $D_1 = 9600^{kg}$, $D_2 = 6800^{kg}$ und $D_3 = 9600^{kg}$, dabei $a_1 = 1{,}42^m$, $a_2 = 8{,}12^m$ und $a_3 = 11{,}12^m$; ferner fei $l = 12{,}55^m$.

Alsdann ift

$$R = 9600 + 6800 + 9600 = 26\,000^{kg},$$

$$r = \frac{9600 \cdot 1{,}42 + 6800 \cdot 8{,}12 + 9600 \cdot 11{,}12}{26\,000} = 6{,}75^m,$$

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 26\,000}{12{,}55}\left(\frac{3 \cdot 6{,}75}{12{,}55} - 1\right) = 2544^{kg}$$

und

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot 26\,000}{12{,}55}\left(2 - \frac{3 \cdot 6{,}75}{12{,}55}\right) = 1599^{kg}.$$

Der Gefammtdruck auf den Baugrund beträgt hiernach

$$12{,}55\ \frac{2544 + 1599}{2} + \text{Gewicht der Beton-Platte} = 26\,000^{kg} + \text{Gewicht der Beton-Platte}.$$

Das Biegungsmoment für einen beliebigen Punkt war

$$M_x = \Sigma\,[D\,(x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6\,l}\,x^3;$$

daher wird für den Angriffspunkt des Druckes D_2

$$M = 9600\,(8{,}12 - 1{,}42) - 1599\,\frac{8{,}12^2}{2} - \frac{75{,}3}{2} \cdot \frac{8{,}12^3}{3} = 4886^{mkg}.$$

Der Abftand x, für den das Biegungsmoment zwifchen D_1 und D_2 zum Maximum wird, folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 - 1599\,x - 37{,}7\,x^2$$

zu

$$x = -\frac{1599}{75{,}4} \pm \sqrt{\left(\frac{1599}{75{,}4}\right)^2 + \frac{9660}{37{,}7}} = 5{,}3^m;$$

daher das Maximal-Moment

$$M_{max} = 9600\,(5{,}3 - 1{,}42) - \frac{1599}{2}\,5{,}3^2 - \frac{2544 - 1599}{6 \cdot 12{,}55}\,5{,}3^2,$$

$$M_{max} = 12\,990^{mkg}.$$

Die Abfciffe des gröfsten Biegungsmomentes zwifchen D_2 und D_3 folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 + 6800 - 1599\,x - 37{,}7\,x^2 = \backsim 8{,}2^m,$$

d. h. daffelbe fällt mit dem Moment M zufammen, und das berechnete $M_{max} = \backsim 13\,000^{mkg}$ ift wirklich das gröfste Biegungsmoment, welches in der fraglichen Beton-Platte auftritt.

Die Dicke h diefer Platte ergiebt fich, wenn man $k = 2^{kg}$ für 1^{qcm} (= $20\,000^{kg}$ für 1^{qm}) annimmt, nach Gleichung 192. zu

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 13\,000}{20\,000}} = 1{,}97^m.$$

Durchgehende Beton-Fundamente find auch dann mit Vortheil anzuwenden, wenn der Baugrund Rutfchungen befürchten läfft. Treten letztere ungeachtet aller fonft noch getroffenen Vorkehrungen ein, fo bewegt fich die Beton-Platte mit dem ganzen darauf ftehenden Gebäude, nicht einzelne Theile des letzteren; unter Umftänden bleibt dabei das Gebäude unverfehrt, wie die letzten Bergrutfche in Aachen gezeigt haben.

Eine neuere ftädtifche Schule in Aachen wurde auf eine 90^{cm} ftarke Beton-Schüttung gefetzt, welche, durch ein Syftem von vernieteten I-Trägern in feftem Rahmen gehalten, eine fefte Tafel bildet, innerhalb deren, den Scheidewänden entfprechend, ebenfalls I-Träger eingelegt find. Diefe Beton-Platte liegt auf einer mehrere Meter hohen Sandfchicht, unter der fich faft unergründlicher, naffer Klaiboden befindet; die Sandfchicht ift durch Stützmauern gegen feitliches Ausweichen gefchützt.

Durchgehende Fundamente aus Cement-Beton find ferner zu empfehlen, wenn die Kellerfohle eines Gebäudes gegen das Eindringen des Grundwaffers zu fchützen ift (vergl. Art. 366, S. 256).

410. Ausführung.

Betreff der Herftellung der Beton-Fundamente ift noch das Folgende zu beachten.

1) Kommt in der Baugrube kein Grundwaffer vor, fo wird, nachdem die Sohle derfelben nach Thunlichkeit geebnet wurde, die Beton-Schüttung fchichtenweife eingebracht und abgerammt. Die Dicke der einzelnen Lagen foll nicht unter 15 cm betragen; fie foll aber auch nicht 25 bis 30 cm überfchreiten, weil fonft das Rammen zu wenig wirkfam ift. Das letztere wird mit Handrammen vorgenommen und dabei der Beton mit Waffer begoffen; das Dichten würde vollkommener gefchehen, wenn man ftatt der Rammen fchwere Handwalzen anwenden würde; letztere liefsen fich auch unter Waffer anwenden.

Das Hinzuführen von Waffer ift in trockenem Boden von Wichtigkeit, damit nicht letzterer dem Beton das zu feiner Erhärtung nothwendige Waffer entziehe. Wenn fich Beton-Fundamente im Trockenen nicht bewährt haben, wenn hie und da das Vorurtheil entftanden ift, dafs fich diefelben nur für naffen Boden eignen, fo dürfte meift der Grund in einer fehlenden oder mangelhaften Benetzung des Betons zu fuchen fein.

Die Fundament-Gräben werden im vorliegenden Falle mit lothrechten Wänden ausgehoben; ift der Boden nicht feft genug, fo mufs eine Auszimmerung vorgenommen werden. Ift zu befürchten, dafs fich von den Baugrubenwänden Erdtheilchen losbröckeln und zwifchen die Betonmaffe gerathen, fo mufs dies durch vorgelegte Bretter verhütet werden, da fonft der Beton verdorben wird.

Der Beton wird entweder in der Baugrube felbft oder aufserhalb derfelben gemengt. Unter fonft gleichen Verhältniffen ift das letztere Verfahren vorzuziehen; bei nicht zu grofser Tiefe der Baugrube wird alsdann der Beton hinabgeworfen, bei gröfserer Tiefe auf fchiefen Ebenen oder Rutfchen, die nach der Baufohle geneigt find, hinabgelaffen.

Im alten Rom wurden die aus Gufsmauerwerk gebildeten Fundamente in der Weife ausgeführt, dafs man auf der Sohle der Fundament-Gräben zunächft eine Mörtelfchicht von mindeftens 10 bis 15 cm Dicke ausbreitete. Auf diefe wurde eine eben fo dicke oder nur wenig dickere Schicht von Steinbrocken gefchüttet; letztere hatten höchftens einen Durchmeffer von 8 bis 10 cm. Diefe Schicht wurde fo lange geftampft, bis alle Zwifchenräume derfelben mit Mörtel ausgefüllt waren. Hierauf kam wieder eine Mörtelfchicht alsdann wieder eine Steinbrockenfchicht; letztere wurde wieder geftampft etc.

2) Das eben befchriebene Verfahren ift auch noch zuläffig, wenn in der Baugrube das Waffer einige Centimeter hoch fteht. Ift dagegen die Waffermenge eine gröfsere, fo wird vor und während der Einbringung des Betons die Baugrube trocken gelegt, was in den meiften Fällen auch während der Grundgrabung nothwendig gewefen fein wird. Ift die lockere, abzugrabende Bodenfchicht fehr lofe, fo dafs zu befürchten fteht, die Erdmaffen würden beim Wafferfchöpfen nach der Baugrube fich bewegen, fo umfchliefst man diefelbe mit einer möglichft dichten Spundwand; bisweilen kann man die letztere auch durch eine kräftige Stülpwand erfetzen. Innerhalb diefer Umfchliefsungswände wird unter fteter Wafferhaltung die Grundgrabung und die Betonirung vorgenommen. Die Spundwand bleibt am beften, zum Schutze des Beton-Fundamentes gegen feitliches Ausweichen des darunter befindlichen, vom Waffer erweichten Bodens, ftehen; doch empfiehlt es fich, fie unter dem niedrigften Grundwafferfpiegel abzufchneiden und mit einem Holm zu verfehen.

Bei manchen Bodenarten (Sand- und Kiesfchichten) tritt eine vollftändige Auflockerung ein, wenn man aus der Baugrube das Waffer zu fchöpfen beginnt; das ftets nachdringende Grundwaffer bringt die Sohle der Baugrube vollftändig in Bewegung. In folchen Fällen hat man von einer fofortigen Trockenlegung der Baugrube abzufehen, mufs vielmehr zunächft auf deren Sohle eine Beton-Schicht von entfprechender Dicke ausbreiten und erft nach Erhärtung derfelben das Waffer auspumpen. Eine folche Betonlage kann auch dazu dienen, einzelne Quellen zu fchliefsen

und deren schädliche Einwirkung auf das Fundament zu aufzuheben (vergl. Art. 384, S. 270).

Um derartige Beton-Schichten herzustellen, ist es nicht zulässig, dass man den Beton ohne Weiteres in das Wasser schüttet, weil alsdann der Mörtel ausgespült und eine Erhärtung des Bodens nicht eintreten würde. Man muss in solchen Fällen den Beton in möglichst geschlossene Behälter bringen, welche die Berührung mit dem Wasser thunlichst verhüten und in denen der Beton auf die Bausohle versenkt wird; unten angekommen werden die Behälter entleert. Für die im Hochbauwesen vorkommenden Ausführungen erhalten derlei Behälter nur einen kleinen Rauminhalt (70 bis 80 l), um sie einfach und bequem handhaben und in jeden Winkel der Baugruben leiten zu können; man hat kleine Blechkasten, die an Stielen (schaufelartig) befestigt sind, hölzerne Eimer, Körbe aus Rohrgeflecht oder Säcke in Anwendung gebracht.

α) Die in erster Reihe genannten Beton-Schaufeln erhalten eine solche Grösse, dass sie in gefülltem Zustande bequem von einem Arbeiter gehandhabt werden können. Der Arbeiter lässt die Schaufel mit Hilfe des Stieles auf die Sohle der Baugrube hinab und schüttet den Kasten aus. Der Beton erleidet die geringste nachtheilige Veränderung, wenn die Kasten mit Deckeln versehen sind, die sich beim Ausschütten von selbst öffnen.

β) Die hölzernen Eimer sind Hand- oder Wassereimer gewöhnlicher Art, in deren Boden fünf bis sechs Löcher von etwa 10 bis 15 mm Weite gebohrt werden. An der Unterseite des Bodens befindet sich in der Mitte eine eiserne Krampe. Der Eimer, mit dem sonst auch üblichen eisernen Bügel versehen, wird über Wasser mit Beton gefüllt und an der Versenkungsstelle auf ein ausgeschlitztes Brett so hingestellt, dass der Arbeiter den Wirbel einer gewöhnlichen Kuhkette leicht durch die Krampe am Boden schieben kann. Alsdann wird der an einer Stange angebrachte Eimerhaken in den Eimerbügel gehakt und der Eimer mit Hilfe dieser Stange hinabgesenkt. Sobald er unten aufsitzt, wird die Senkstange ausgehakt und der Eimer durch Anziehen der Kette vorsichtig gekippt; nach vollzogener Entleerung wird er, in umgekehrter Stellung an der Kette hängend, heraufgezogen. Da derlei Eimer oben unbedeckt sind, kommt der Beton mit dem Wasser viel in Berührung.

γ) Die Körbe haben die Form von vierseitigen abgestutzten Pyramiden; der Boden derselben wird durch zwei Klappen gebildet, deren Gelenke aus Kupferdraht hergestellt sind. Die untere Klappe, welche mit der Versenkungskette in Verbindung gebracht wird, ist länger und bedeckt die obere Klappe. Beim Hinunterlassen des gefüllten Korbes hält die Kette die Bodenklappen geschlossen. Sitzt der Korb auf der Sohle auf, so wird er an den seitwärts befestigten Seilen in die Höhe gezogen, wobei sich die Klappen öffnen und der Beton herausfällt.

δ) Säcke werden seltener angewendet. Man kann gewöhnliche Kaffeesäcke benutzen, die durch aufgenähte Gurte widerstandsfähiger gemacht werden. An der unteren offenen Seite werden Ringe (etwa 1 cm weit) eingenäht; am anderen Ende wird ein steifes Rundholz befestigt. Der Schluss des gefüllten Sackes wird durch zwei Nadeln bewirkt, welche durch die gedachten Ringe gesteckt werden. An die Nadeln werden Leinen befestigt, die während des Herablassens des Sackes schlaff herabhängen. Nach dem Aufsitzen des Sackes auf der Sohle werden die Nadeln herausgezogen und der Sack in die Höhe gewunden, wobei der Beton herausfällt [186].

Man hat wohl auch Rohre angewendet, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben und durch welche der Beton in dieselbe hinabgeschüttet wird; indess kommt hierbei der Beton zu viel mit dem Wasser in Berührung, so dass der Mörtel herausgespült wird; auch verstopfen sich die Rohre leicht.

3) Hat man ein Beton-Fundament im offenen (stehenden oder fliessenden) Wasser herzustellen, so muss zunächst eine Umschliessung der Baugrube, sei es mittels dichter Spund- oder Pfahlwand, sei es mittels Fangdamm oder Schwimmkasten, vorgenommen werden. In den im Hochbau verhältnissmässig selten vorkommenden Fällen dieser Art wird alsdann die Baugrube in der Regel wasserfrei gemacht und die Betonirung

---

186) Näheres in: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 17.

in der bereits gedachten Weiſe ausgeführt; es iſt indeſs nicht ausgeſchloſſen, daſs die Betonirung unter Waſſer geſchieht, indem man den Beton in Trichtern oder in allſeitig geſchloſſenen Kaſten (von 0,06 bis 0,15 cbm Inhalt [187]) verſenkt.

Man hat in dieſem Falle ſich wohl auch der vorhin gedachten Beton-Schaufeln bedient; indeſs ſollte dies nur bei untergeordneten Bauwerken und in Ausnahmefällen geſchehen. Bei der gröſsten Vorſicht findet ſtets ein, wenn auch geringes Ausſpülen des Mörtels ſtatt, und über jeder Beton-Schicht bildet ſich Kalkſchleim; dieſer muſs vor Auf bringen einer neuen Betonlage ſorgfältig entfernt werden, weil er den Zuſammenhang der einzelnen Lagen beeinträchtigt.

Auch bei Beton-Gründungen im Waſſer muſs das Fundament durch eine Spundwand gegen Unterſpülung geſchützt werden; unter Umſtänden wird zu gleichem Zwecke auch noch eine Steinſchüttung angeordnet.

411. Aſphalt-Beton.

In denſelben Fällen, für die ſich das bereits in Art. 391 (S. 275) vorgeführte Aſphalt-Mauerwerk empfiehlt, kann auch Aſphalt-Beton mit Vortheil verwendet werden.

Die Guſsform dafür wird nach *Malo* in gleicher Weiſe, wie für Aſphalt-Mauerwerk gebildet. Der Maſtix-Aſphalt wird auf 180 bis 200 Grad erhitzt und 60 bis 60 Procent ſeines Gewichtes Kieſelſteine (in der Gröſse, wie ſie beim Macadam angewendet wird) hineingeſchüttet. Die Miſchung wird unter fortwährendem Umrühren weiter gekocht, bis ſie von Neuem die Temperatur erreicht hat, die ſie durch Einführung der Kieſel verloren hat. Nunmehr gieſst man die Miſchung in die Guſsform und drückt dabei den Steinſchlag kräftig zuſammen; jedoch nicht ſo ſtark, daſs er zerbricht. Nach dem Erſtarren des Maſtix erhält man einen feſten, unveränderlichen und elaſtiſchen Fundament-Block.

412. Anwendung.

Die Anwendung der Beton-Gründung iſt eine im Hochbauweſen noch nicht genügend verbreitete, obwohl ſie ſich in äuſserſt verſchiedenartigen Fällen als zweckmäſsig erwieſen hat. Es ſind in dieſer Beziehung die nachſtehenden Momente hervorzuheben.

1) Beton-Fundamente ſind unter jenen Verhältniſſen anzuwenden, die in Art. 405 (S. 285) angeführt wurden; ſie können alsdann unter Umſtänden auch durch Sandſchüttungen oder durch Schwellroſte erſetzt werden. Vor den letzteren bietet der Beton den Vortheil dar, daſs man es mit einem monolithen Fundamentkörper zu thun hat, daſs man von der Lage des Grundwaſſerſpiegels völlig unabhängig iſt und daſs ein aus hydrauliſchem Beton hergeſtellter Fundamentkörper nach unten zu waſſerdicht abſchlieſst. Den Sandſchüttungen gegenüber zeigen Betonirungen den Uebelſtand gröſserer Koſten; allein ſie preſſen ſich unter der darauf geſetzten Laſt weniger zuſammen und ſind auch ſpecifiſch ſchwerer, daher geeigneter für Fundamente, als Sandſchüttungen.

Die Gründung des Kirchthurmes in Liebſchütz (Sachſen) liefert ein intereſſantes, hier einſchlägiges Beiſpiel. Der zuerſt dort erbaute Thurm ſtürzte bald nach der Vollendung ein; der zweite muſste, nachdem er einige Jahre geſtanden hatte, wegen Baufälligkeit abgetragen werden. Die Urſache dieſer Kataſtrophen lag darin, daſs man gemauerte Fundamente auf eine ſumpfige, weiche und mit Lehmtheilchen gemiſchte Erdſchicht geſetzt hatte. Bei der dritten Aufführung des Thurmes wurde ein Beton-Fundament (1 Theil Stern-Cement, 1 Theil gelöſchten Kalk, 2 Theile ſcharfer Fluſsſand und 6 Theile Granitbrocken mit Schmiedeſchlacken) von 1 m Stärke ausgeführt, welches ſich vollſtändig bewährt hat [188]).

---

[187]) Ueber Einrichtung und Gebrauch ſolcher Beton-Trichter und -Kaſten iſt Näheres zu erſehen aus:

Caiſſes à couler le béton. Nouv. annales de la conſt. 1855, S. 37.

BREYMANN, G. A. Allgemeine Bau-Conſtructions-Lehre. IV. Theil. 2. Aufl. von A. SCHOLTZ. Stuttgart 1881. S. 379.

MENZEL, C. A. u. J. PROMNITZ. Die Gründung der Gebäude. Halle 1873. S. 154.

FRAUENHOLZ, W. Bau-Conſtructions-Lehre für Ingenieure. 3. Bd. München 1877. S. 363.

KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 67.

FELDEGG, E. v. Allgemeine Conſtructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von R. BAUMEISTER. Carlsruhe 1879. Fundirungen. S. 606.

Handbuch der Ingenieurwiſſenſchaften. 1. Band. Herausgegeben von E. HEUSINGER v. WALDEGG. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 344.

[188]) Näheres hierüber: Deutſche Bauz. 1874, S. 190.

2) Auch bei festerem Baugrunde kann man nicht selten Beton-Fundamente anwenden; ja man kann wohl auch voll gemauerte Fundamente durch betonirte ersetzen, namentlich dann mit Vortheil, wenn das Wasser störend auf die Fundirung einwirkt, gleich viel ob diese Störungen durch starken und zerstörenden Grundwasserzudrang oder durch offenes Wasser herbeigeführt werden. Indess ist hierbei stets zu beachten, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen der Beton theuerer, als gutes Fundament-Mauerwerk, und dass letzteres auch tragfähiger ist, wie ersterer. Will man eine gleiche Widerstandsfähigkeit des Fundamentes erzielen, so muss man dem Betonkörper eine grössere Mächtigkeit geben, als dem Mauerwerk, oder man muss im ersteren Falle eine grössere Fundirungs-Tiefe vorsehen, als in letzterem.

Beispiel. Beim Bau des Reichsbankgebäudes in Bremen fand sich ein sehr lockerer, aufgefüllter Sandboden vor, der vom Druck benachbarter Gebäude schon bei 4 m Abstand seitlich auswich; der in grösserer Tiefe vorhandene, gewachsene Boden war noch weniger tragfähig. Die Berechnung, die an einem älteren, zwar abzubrechenden, doch wohl erhaltenen Gebäude angestellt wurde, ergab, dass dieser aufgefüllte Boden 0,69 kg für 1 qcm ohne jedes Setzen trug. Es wurde nunmehr der Druck eines jeden Mauerstückes des projectirten Neubaues auf den Baugrund berechnet; es ergab sich z. B. bei den Säulen-Fundamenten ein Druck von 83471 kg; dies durch 0,69 dividirt ergab sich als erforderliche Fundament-Fläche 120970 qcm. Dieselbe wurde um 1/9 verringert, weil das alte Gebäude nur Kalkmauerwerk hatte, das neue aber Cement-Beton und Grundmauerwerk in verlängertem Cementmörtel erhalten sollte. Die hiernach mit 108000 qcm sich ergebende Fundament-Sohle ist mit 3,0 × 3,6 m für jede Säule in 50 cm starker Betonschicht ausgeführt und hierauf ein 1 m hohes Fundament-Mauerwerk, dessen Schichten um je 1/4 Stein beiderseits absetzen und so zum Kern der Kellermauern sich verjüngen.

3) Beton-Gründungen werden endlich statt anderer Fundirungsweisen angewendet, wenn die Kosten dadurch geringer werden.

Wollte man z. B. bei grösserer Mächtigkeit der stark pressbaren Bodenschicht dieselbe bis auf den tragfähigen Baugrund ausheben, so könnte man zwar auf diesen direct das Fundament-Mauerwerk setzen; allein die Kosten der Grundgrabung und der Mauerung wären sehr bedeutend. Man kann unter Umständen in ökonomischer Beziehung vortheilhafter verfahren, wenn man eine geringere Fundirungs-Tiefe in Aussicht nimmt und mittels Beton auf pressbarem Boden gründet.

Man kann in solchen Fällen zwar auch Pfahlrost-Fundamente in Anwendung bringen, indem man mit Hilfe der Pfähle die vollständig tragfähige Bodenschicht zu erreichen trachtet; allein auch der Pfahlrost wird unter Umständen theuerer zu stehen kommen als der Beton, so dass man ersteren durch letzteren ersetzt. Ueber die Vereinigung von Pfahlrost mit Beton-Platte wird noch im nächsten Abschnitt (Kap. 1, b) die Rede sein.

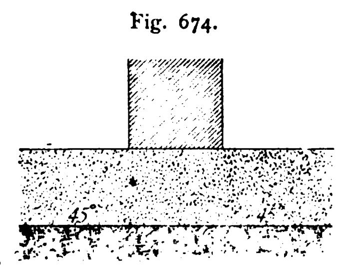
b) Fundamente aus Sandschüttungen.

413. Eigenschaften des Sandes.

An reinem, grobkörnigem Quarzsand sind die folgenden, zum Theile bereits in den Fussnoten 151 u. 152 (S. 248) hervorgehobenen, für den Grundbau wichtigen Eigenschaften beobachtet und durch Versuche erhärtet worden.

1) Der auf eine Sandschicht ausgeübte Druck wird in günstiger Weise nach unten vertheilt; der auf die Basis dieser Sandschicht wirksame Druck auf die Flächeneinheit kann bei genügender Mächtigkeit der Sandschicht auf ein verhältnissmässig geringes Mass gebracht werden.

Fig. 674.



Versuche haben ergeben, dass sich der auf die Sandschicht wirksame Druck nahezu unter 45 Grad nach unten vertheilt (vergl. Fig. 674 u. Art. 363, S. 251). *Hagen* hat ferner auf experimentellem Wege nachgewiesen, dass bei Aufbringung einer Sandschicht der Druck auf ihre Unterlage Anfangs mit der Zunahme der Höhe auch wächst. Erhöht man die Schüttung immer mehr, so wird das Wachsthum jenes Druckes immer kleiner, bis es endlich ganz aufhört. Ueberschreitet die Mächtigkeit der Sandschicht diese Höhe, so bleibt der Druck auf ihre Unterlage constant.

2) Wenn der Sand durch feitliche Umfchliefsung gegen das Auseinanderquillen gefchützt ift, fo zeigt er bei aufgebrachter Belaftung zwar eine ziemlich bedeutende Prefsbarkeit; fobald jedoch die Zufammendrückung ein gewiffes gröfstes Mafs erreicht hat, verwandelt fich der Sand in eine kaum prefsbare Schicht [189]).

3) Sinkt bei der anfänglichen Zufammendrückung der Sandfchicht die aufgebrachte Laft in diefelbe ein, fo erhebt fich um die letztere herum der Sand nicht; das Zufammenpreffen wird demnach blofs durch das innigere Aneinanderrücken der einzelnen Sandkörner hervorgerufen [190]).

4) Befinden fich in der Unterlage der Sandfchicht einzelne befonders nachgiebige Stellen, fo zeigt die letztere, hinreichende Mächtigkeit vorausgefetzt, an diefen Stellen keine partiellen Senkungen; die Druckvertheilung findet vielmehr in fo günftiger Weife ftatt, dafs die nachgiebigen Stellen gleichfam überbrückt und dadurch unfchädlich gemacht werden [191]).

414. Sand-fchüttungen.

Von diefen werthvollen Eigenfchaften des Sandbodens macht man im Grundbau in der Weife Anwendung, dafs man bei nachgiebigem Baugrund das Fundament aus einer Sandfchüttung oder Sandbettung herftellt. Diefelbe erweist fich zweckmäfsig, fobald fie genügende Abmeffungen erhält, aus geeignetem Material und in entfprechender Weife ausgeführt wird.

Die erfte Anwendung des Sandes im Grundbau fcheint in Frankreich gemacht worden zu fein, und zwar bei den Quai-Mauern des Canals St. Martin (1829) und bei Militärbauten zu Bayonne (1830 von Capitän *Gauzence*).

415. Abmeffungen.

Die Mächtigkeit der als Fundament dienenden Sandfchicht foll nicht weniger als 75 cm betragen; weiter als 3 m zu gehen ift indefs auch nicht erforderlich. Mit Rückficht auf die Druckvertheilung foll die Bafis der Sandfchicht um eben fo viel vor den Begrenzungen des darauf zu fetzenden Mauerkörpers vorfpringen, als fie hoch ift.

Letzteres Verhältnifs ergiebt fich aus der fchon erwähnten Thatfache, dafs fich der Druck nahezu unter 45 Grad nach unten vertheilt. Kennt man fonach die Tragfähigkeit des vorhandenen Baugrundes und die Grundfläche des auf das Sand-Fundament zu fetzenden Mauerkörpers, fo läfft fich die Gröfse der Bafis des Sand-Fundamentes berechnen.

Da indefs die Tragfähigkeit des Baugrundes nicht immer mit genügender Sicherheit bekannt ift, fo empfiehlt es fich, bei vorkommenden ftärkeren Belaftungen unmittelbare Verfuche anzuftellen, indem man auf dem gegebenen Boden Sandfchichten von verfchiedener Mächtigkeit herftellt und diefelben einer Probebelaftung unterzieht [192]).

Im Allgemeinen ergiebt fich hieraus, fobald die Baugrube lothrecht begrenzt ift, ein parallelepipedifch geftaltetes Fundament (Fig. 675). Sind die Wandungen der Fundament-Gräben geböfcht, fo nimmt die Breite der Sandfchicht von unten nach

189) Es mag an diefer Stelle auf die in den Fufsnoten 151 u. 152 (S. 248) angeführten Verfuche *Hagen's* verwiefen werden, die fich zum nicht geringen Theile auf die Ermittelung der Eigenfchaften des Sandes beziehen. Ueberdies hat auch *Beaudemoulin* durch Verfuche feft geftellt, dafs trockener Quarzfand, der in einen Beutel von Segeltuch oder in einen Kaften von dünnem Eifenblech gefüllt ift, nach einer leichten Zufammendrückung eine Maffe bildet, die einem Drucke von 60 t für 1 qm mit Sicherheit widerftehen kann. Der Sand verhält fich der Umhüllung gegenüber fo, als wäre er ein eingefchloffener Körper, und übt auf die Umhüllung nur an jenen Stellen eine Wirkung aus, wo die Laft mit ihr in Berührung kommt. Der Sand bleibt aber dabei völlig theilbar und fliefst aus einer in der Umhüllung angebrachten Oeffnung frei, aber langfam heraus.

190) Vergl. die *Hagen*'fchen Verfuche in Fufsnote 152 (S. 248).

191) *Hagen's* eben erwähnte Verfuche bezogen fich auf diefen Gegenftand. Ein Gefäfs mit genau fchliefsender Bodenklappe wurde fo lange mit Sand gefüllt, bis fich der Druck auf die letztere als von der Höhe der Sandfchicht unabhängig erwies. Oeffnete man nun die Klappe, fo fiel ein Theil des Sandes heraus; der übrige Theil blieb, höhlenartig geformt, im Gefäfse zurück.

192) Solche Verfuche wurden in fehr genauer Weife für die Hochbauten auf dem Bahnhofe zu Emden gemacht, welche ausführlich dargelegt find in: Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 153. Man hat dort gefunden, dafs Sandfchichten von $2{,}35$ und $2{,}90$ m Höhe keine gröfsere Tragfähigkeit zeigten, als folche von $1{,}15$ und $1{,}75$ m Mächtigkeit. — Auch mag auf die Unterfuchungen verwiefen werden, die bei der Fundirung der Caferne an der Esplanade zu Wefel gemacht wurden und betreff deren das Nähere zu finden ift in: Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 629.

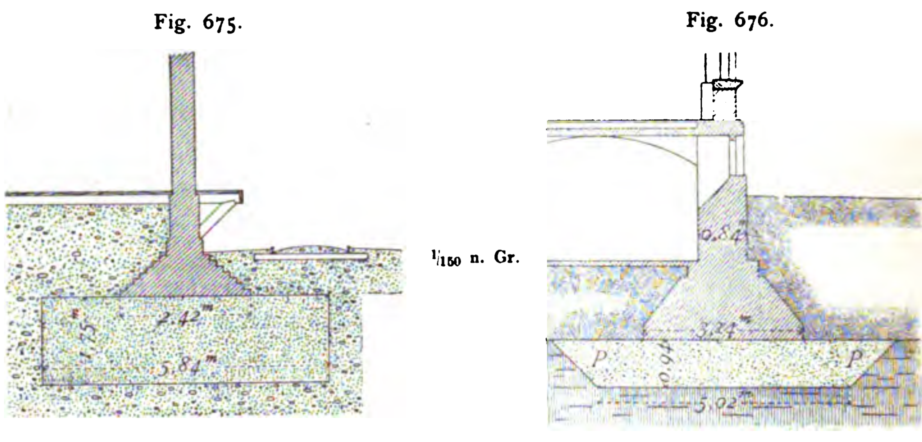


Fig. 675.

Vom Güterfchuppen auf dem Bahnhofe zu Emden [193]).

Fig. 676.

Von der Caferne an der Esplanade zu Wefel [194]).

oben zu; bisweilen wird die letztere Anordnung abfichtlich gewählt, um durch die hinzugefügten Sandprismen *P*, *P* (Fig. 676) einen Gegendruck gegen etwaiges feitliches Ausweichen des Sandes zu gewinnen. In manchen Fällen hat man die Sandfchicht nicht allein unter den einzelnen Mauern eines Gebäudes, fondern durchgehends unter dem ganzen Gebäude hergeftellt.

So z. B. wurde beim Bau des *Kapf*'fchen Haufes am Sielwall in Bremen Sand aus der Wefer gebaggert und die Baugrube unter dem ganzen Haufe damit ausgefüllt. Der Sand wurde in 50 cm dicken Schichten aufgebracht, reichlich mit Waffer begoffen und dabei mittels eiferner Stangen die Sandkörner in Bewegung gebracht; jede Schicht wurde fchliefslich mit einer viermännigen Ramme gedichtet.

416. Material und Ausführung.

Als Material empfiehlt fich für derlei Fundamente ganz reiner, fcharfer und grobkörniger Quarzfand; bei diefem verfchieben fich die einzelnen Körner in Folge grofser Reibung viel weniger, als bei einem Sand, der aus kleinen, rundlichen Körnern befteht, oder gar folchem, der erdige und lehmige Theile enthält. Bei reinem, fcharfem und grobkörnigem Sande ift defshalb auch die anfängliche Zufammendrückung geringer, als bei anderem Material.

In Gegenden am Meere oder in der Nähe gröfserer Ströme, wo häufig Baggerungen ausgeführt werden, hat man mit Vortheil das ausgebaggerte Material, fobald es viel Sand und nicht zu viel Schlamm und mufchelige Theile enthielt, verwendet.

Um das Zufammendrücken des Sandes und dadurch auch das Setzen des Mauerwerkes möglichft zu verringern, wird die Sandbettung in einzelnen wagrechten Lagen von 20 bis 30 cm Dicke hergeftellt; jede Lage wird mit Waffer begoffen und mittels Rammen, beffer mittels Walzen gedichtet. Das Dichten kann unter Umftänden noch dadurch befördert werden, dafs man die Sandfchüttung einige Zeit nach der Ausführung regelmäfsig mit Waffer übergiefst. Ift der Baugrund wafferhaltig, fo kann man auch in der Baugrube eine Pumpe aufftellen und diefe von Zeit zu Zeit in Thätigkeit fetzen; das Durchfaugen des Waffers dient dazu, die Sandkörner dichter zu lagern.

Zeigt der gegebene Baugrund einen ftarken Wechfel des Grundwaffers, fo mufs die Sandfchicht durch eine Spundwand oder eine Umfchliefsung mit Thonfchlag begrenzt werden. Eine möglichft dichte Spundwand ift auch erforderlich,

[193]) Nach: Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 168.
[194]) Nach: Zeitfchr. f. Bauw. 1863, Bl. U.

wenn die Sandgründung im Waffer felbft vorzunehmen ift; man vermeide, wenn irgend thunlich, die unmittelbare Berührung der Sandbettung mit fliefsendem, felbft auch mit ftehendem, offenen Waffer.

Man hat die Sandfchüttung bisweilen mit Kalkmilch begoffen; indefs ift diefes Verfahren nicht gerade zu empfehlen. Ift die Kalkmilch fehr dünn und gefchieht der Uebergufs in fpärlichem Mafse, fo nutzt diefes Verfahren nicht viel mehr, als das Begiefsen mit reinem Waffer; verwendet man dagegen dicke Kalkmilch in reichlichem Mafse, fo wird die Gründung fehr theuer und ift beffer durch eine Beton-Schicht zu erfetzen.

Der auf die Sandbettung aufzufetzende Mauerkörper ift erft einige Zeit nach Vollendung der erfteren auszuführen; das Mauerwerk ift nur langfam zu erhöhen und rafch trocknender Mörtel dafür zu verwenden.

417. Anwendung.

Aus dem Gefagten geht hervor, dafs fich die Sandgründung vor Allem für weichere Bodenarten empfiehlt, die eine energifche und gleichmäfsige Druckvertheilung erfordern; insbefondere ift es Torf-, Moor- und naffer Lehmboden, wo die Sand-Fundamente gute Dienfte leiften; allein auch auf Mauerfchutt etc. haben fie fich gut bewährt. Sie haben vor den gemauerten, den Beton- und den Schwellroft-Fundamenten auch noch den Vortheil grofser Billigkeit voraus, wefshalb fie bisweilen auch bei weniger prefsbarem Baugrund ftatt gemauerter Fundamente Anwendung finden. Vor den Schwellroften zeichnen fie fich auch noch dadurch aus, dafs fie in Bezug auf ihre Tiefenlage keinerlei Befchränkungen unterworfen find.

Befchränkt wird die Anwendung der Sand-Fundamente allerdings dadurch, dafs die Belaftung, die fie mit Sicherheit tragen können, keine zu grofse fein darf. Bei 1,5 bis 2,0 m Mächtigkeit der Sandbettung follte das darauf geftellte Bauwerk keinen gröfseren Druck, als höchftens 2 bis 3 kg für 1 qcm ausüben.

Literatur

über »Fundamente aus Beton- und Sandfchüttungen«.

EXNER. Ueber die Anwendung des Béton-Mörtels zum Fundamentiren unter Waffer. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 1, S. 236.

BRAUN. Ueber Anwendung des Trafs-Bétons zur Fundamentirung der Gebäude. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 3, S. 112.

Ueber die Fundamentirung der Gebäude auf Sand. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 15, S. 67, 107.

Des Herrn Brücken- und Wege-Ingenieurs OLIVIER kurze Nachricht von Fundamentirungen auf Sand. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 12, S. 275.

WITZECK. Die Gründung der Gebäude des Thüringifchen Bahnhofes bei Leipzig. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 213.

GOLDMANN. Verfchiedene Gründungen in Betreff der Tragfähigkeit. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 630.

BOLENIUS. Der Bahnhof zu Emden. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 154.

PLATH. Die Fundirung des neuen Mafchinen- und Keffelhaufes auf Rothenburgsort. Deutfche Bauz. 1871, S. 165.

SCHMIDT, H. Ueber den eifernen Centralbau für die Weltausftellung in Wien. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 139.

ALTENDORFF, H. Fundirung eines Kirchthurmes auf Béton. Deutfche Bauz. 1874, S. 190.

TERRIER, CH. *Des devis et des fondations du nouvel opéra. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 141.

BAUDE. *Sur les fondations du nouvel opéra de Paris. Bulletin de la soc. d'encourag.* 1875, S. 498.

Einbringung des Betons. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 152.

Ueber Fundirungen auf zufammendrückbarem Boden. Deutfche Bauz. 1880, S. 448, 467, 481.

4. Kapitel.

Schwellroft-Fundamente.

418.
Allgemeines.

In Fällen, in denen zu befürchten ift, dafs ein Bauwerk in Folge ftark prefsbaren Baugrundes, in Folge ungleichmäfsiger Befchaffenheit des letzteren oder in Folge ungleich vertheilter Laften nachtheilige Veränderungen erfahren könnte, ift vielfach ein hölzerner Boden oder Roft, der auf die Baufohle gelegt wird, als Fundament benutzt worden. Diefe fchon feit langer Zeit übliche Conftruction hat den Zweck, die vorhandenen Ungleichheiten im Baugrund oder in der Laftenvertheilung auszugleichen; fie foll auch innerhalb gewiffer Grenzen die Drücke, die auf fie wirken, über eine gröfsere Fläche vertheilen und unter Umftänden eine Längsverankerung der Fundament-Conftruction anftreben.

Hierdurch entftanden die fog. liegenden Rofte, auch geftreckte, fliegende oder fchwimmende Rofte genannt, die in fehr verfchiedener Weife conftruirt worden find.

a) Einfachere Roft-Conftructionen.

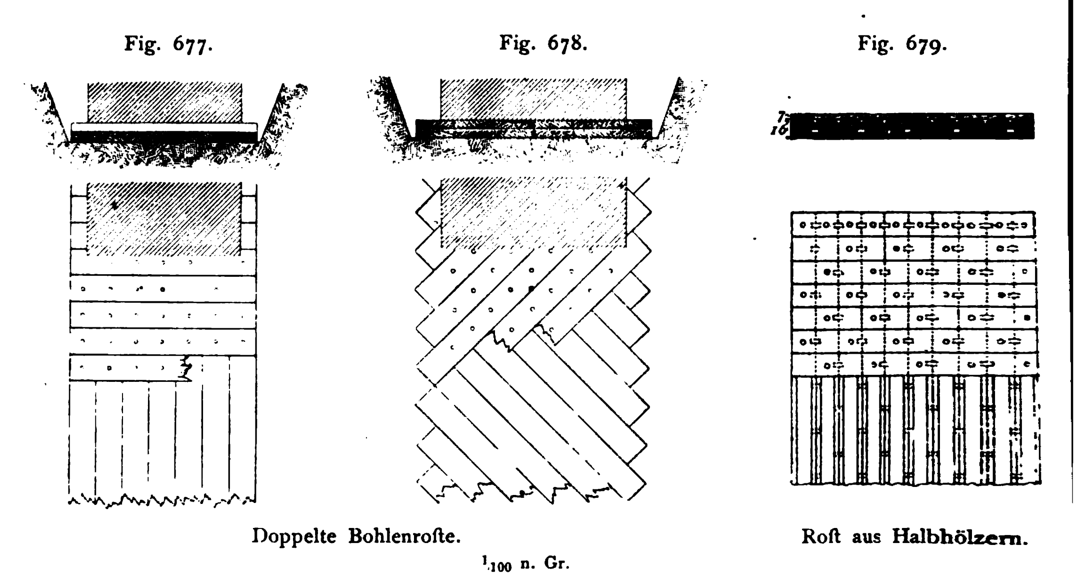
419.
Einfacher Bohlenroft.

1) Der liegende Roft geftaltet fich am einfachften, wenn er aus einer einzigen Lage von flach und dicht neben einander gelegten, 7 bis 10 cm ftarken Bohlen befteht, die erforderlichen Falles durch Dübel mit einander verbunden werden. Die Wirkfamkeit eines folchen einfachen Bohlenroftes ift nur gering, wefshalb er auch nur für untergeordnete, den Baugrund wenig belaftende Bauwerke in Anwendung gebracht werden kann.

420.
Doppelter Bohlenroft.

2) Die Roft-Conftruction kommt dem damit beabfichtigten Zwecke näher, wenn man fie aus zwei derartigen über einander gelegten Bohlenfchichten zufammenfetzt. Die beiden Lagen durchkreuzen fich unter einem rechten Winkel; meift liegt die eine parallel zur Längenrichtung der Mauer (Fig. 677) und bringt nicht nur eine

Fig. 677. Fig. 678. Fig. 679.



Doppelte Bohlenrofte. Roft aus Halbhölzern.

1/100 n. Gr.

Druckvertheilung in diefem Sinne hervor, fondern erzeugt auch eine Längsverankerung des auf dem Rofte ftehenden Mauerwerkes. In England werden die beiden Bohlen-

lagen wohl auch unter 45 Grad zur Mauervorderfläche gelegt (Fig. 678), wodurch zwar unter Umständen eine bessere Druckvertheilung erzielt werden kann, die Längsverankerung des Mauerwerkes jedoch nicht erreicht wird.

Der doppelte Bohlenrost ist zwar wirksamer, als der einfache; indess kann ersterer gleichfalls nur geringen Belastungen — 1,0, höchstens 1,5 kg für 1 qcm — ausgesetzt werden und nur bei gleichartigem Boden Verwendung finden.

421. Rost aus Halbhölzern.

3) Die unter 1 und 2 vorgeführten Rost-Constructionen werden tragfähiger, wenn man die eine oder die beiden Bohlenlagen durch stärkere Hölzer, sog. Halbhölzer, von 12 bis 15 cm Dicke, ersetzt; man kann alsdann mit der Belastung selbst bis zu 2 kg für 1 qcm gehen. Bei der in Fig. 679 dargestellten, in Oesterreich vorkommenden Anordnung sind die unteren, 16 cm starken Hölzer durch Dübel mit einander verbunden.

422. Amerikanischer Rost.

4) Die Tragfähigkeit des liegenden Rostes lässt sich weiters erhöhen, wenn man noch stärkere Balken in Anwendung bringt, bezw. wenn man mehr als zwei Lagen über einander anordnet; letzteres kommt namentlich im holzreichen Nordamerika vor. Durch die grosse Holzmasse, welche solche Fundamente erfordern, werden sie bei uns sehr theuer und kommen desshalb nur sehr selten oder gar nicht in Anwendung.

b) Schwellroste.

423. Schwellrost.

Schwellroste, die wohl auch kurzweg liegende Roste genannt werden, bestehen aus Lang- und Querschwellen, die in entsprechendem Abstande von einander in zwei sich kreuzenden Lagen angeordnet und mit einem Bohlenbelag überdeckt sind. Die Langschwellen haben den Druck in der Längsrichtung, die Querschwellen in dem dazu winkelrechten Sinne zu vertheilen. Die viereckigen Felder oder Fache, welche durch die beiden Schwellenlagen entstehen, werden bis zur Höhe des Bohlenbelages ausgefüllt; auf den letzteren wird das Mauerwerk aufgesetzt (Fig. 680 u. 681).

Obwohl man in der Regel (besonders in Deutschland) die Langschwellen über die Querschwellen legt und diese Anordnung auch meistens empfohlen wird, so ist es doch in den häufigsten, d. i. in jenen Fällen des Hochbauwesens, wo im Wesentlichen nur lothrechte Drücke auf den Baugrund zu übertragen sind, gleichgiltig, welche der beiden Schwellenlagen nach unten gelegt wird. Nur wenn eine Mauer starken Seitenschüben zu widerstehen hat, so wird einer Verschiebung längs des Baugrundes besser entgegengewirkt, wenn die Langschwellen nach unten zu liegen kommen.

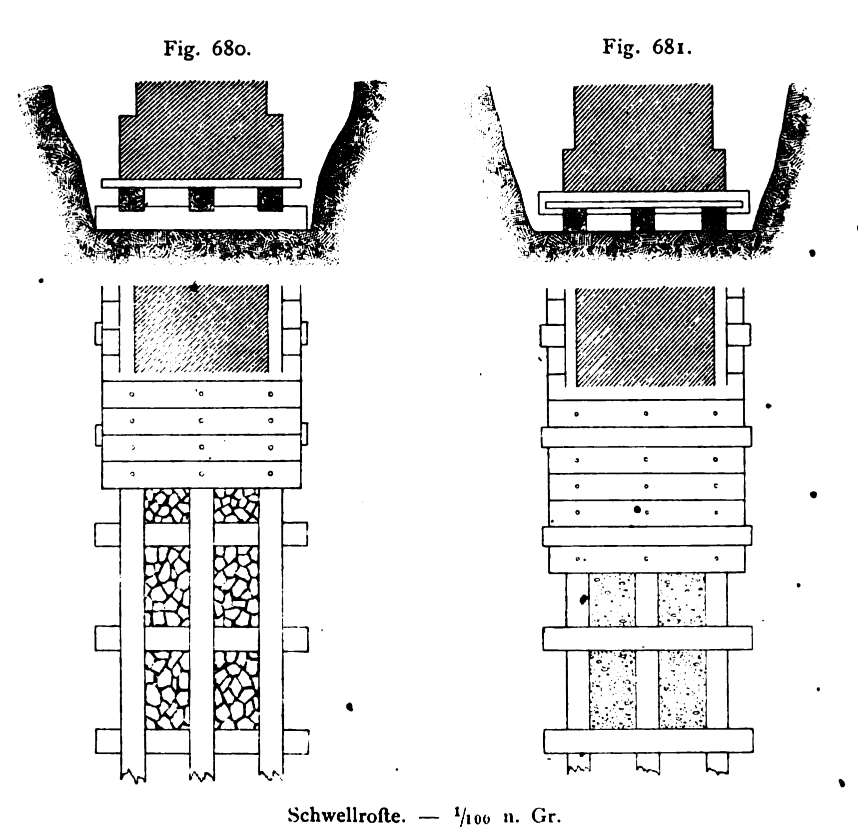
Der Bohlenbelag wird stets auf die Langschwellen gelegt; bilden diese die obere Schwellenlage, so ergeben die Bohlen einen ununterbrochenen Holzboden (Fig. 680). Wurden die Querschwellen nach oben gelegt, so ragt ein Theil derselben über dem Bohlenbelag hervor und greift in das Mauerwerk ein (französische Construction, Fig. 681).

Der Schwellrost überragt die Begrenzungen des darauf zu setzenden Mauerwerkes um 20 bis 40 cm; doch ordnet man die Aussenflächen des letzteren in der Regel bündig mit der äusserten Langschwelle an.

Der in Art. 366 (S. 257) aufgestellten Constructions-Bedingung entsprechend, muss die Oberkante des Schwellrostes mindestens 30, besser 50 cm unter dem niedrigsten Wasserstande angeordnet werden.

Von vielen Seiten wird empfohlen, bei Fundamenten aus Sand, Beton und Schwellrost an den Gebäudeecken eine grössere Verbreiterung eintreten zu lassen, als in den übrigen Theilen der betreffenden Mauern. In dieser allgemeinen Form ist eine solche Regel unrichtig; sie trifft nur zu, wenn die Belastung

Fig. 680. Fig. 681.



Schwellrofte. — $^{1}/_{100}$ n. Gr.

an der Ecke wirklich gröfser oder wenn der Baugrund dort nachgiebiger ift; alsdann hat die Verbreiterung des Fundamentes nach Mafsgabe der Druckverhältniffe ftattzufinden. Wenn jedoch die Baugrundbelaftung an der Gebäudeecke die gleiche oder noch kleiner ift (beide Fälle kommen vor), wie jene in den übrigen Theilen der Mauern, fo bringt eine Vermehrung der Fundament-Breite ungleichmäfsige Setzungen und Riffe hervor [195]).

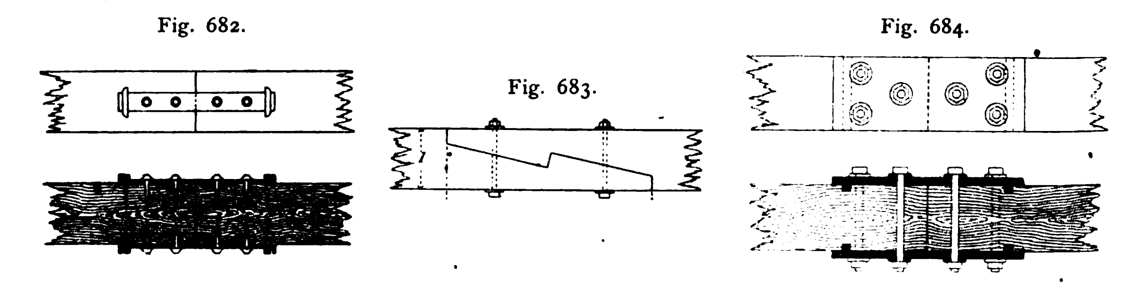
424
Schwellen.

Betreff der Conftructions-Einzelheiten ift das Folgende hervorzuheben.

1) Für die Lang- und Querfchwellen ift Eichenholz oder harzreiches Nadelholz zu empfehlen; erfteres hat unter Waffer eine fehr lange Dauer. Nadelhölzer eignen fich wegen ihres regelmäfsigen Wuchfes beffer, find aber nicht fo dauerhaft; Kiefernholz ift am meiften zu empfehlen.

Liegen die Querfchwellen (auch Zangen genannt) über den Langfchwellen, fo werden fie auf letztere aufgekämmt; bei umgekehrter Anordnung werden die Langfchwellen etwa 5 bis 7 cm tief in die Querfchwellen eingelaffen. Bei längeren Mauern können die Langfchwellen nicht mehr aus einem Stücke beftehen; der Stofs wird entweder ftumpf angeordnet und eine Verbindung mittels eiferner Schienen, Krammen und Nägel (Fig. 682), mittels eiferner Verlafchung (Fig. 684) vorgenommen, oder es wird die Vereinigung

Fig. 682. Fig. 683. Fig. 684.



195) Vergl.: SCHMÖLCKE, J. Ueber Fundirungen auf zufammendrückbarem Boden. Deutfche Bauz. 1880 — ferner: MALCOMES. Ueber Fundirungen auf zufammendrückbarem Boden. Deutfche Bauz. 1880, S. 467.

mittels schrägen Hakenblattes (Fig. 683) angewendet. Eine Längsverbindung in der einen oder anderen Weise sollte niemals unterlassen werden, weil sonst der Vortheil der Längsverankerung verloren geht. Die Stöfse der Langschwellen sind gegen einander zu versetzen, so dafs auf eine Querschwelle immer nur ein Stofs zu liegen kommt.

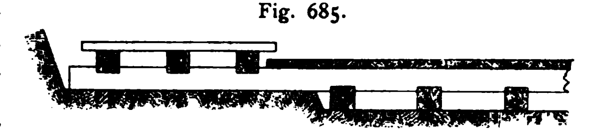
Bei manchen englischen Schwellrosten sind Lang- und Querschwellen voll überschnitten, so dafs die Oberkanten beider in gleicher Höhe gelegen sind; auch wird vor dem Aufbringen des Rostes auf die geebnete Baufohle eine Schicht aus flachen, lagerhaften Steinen verlegt.

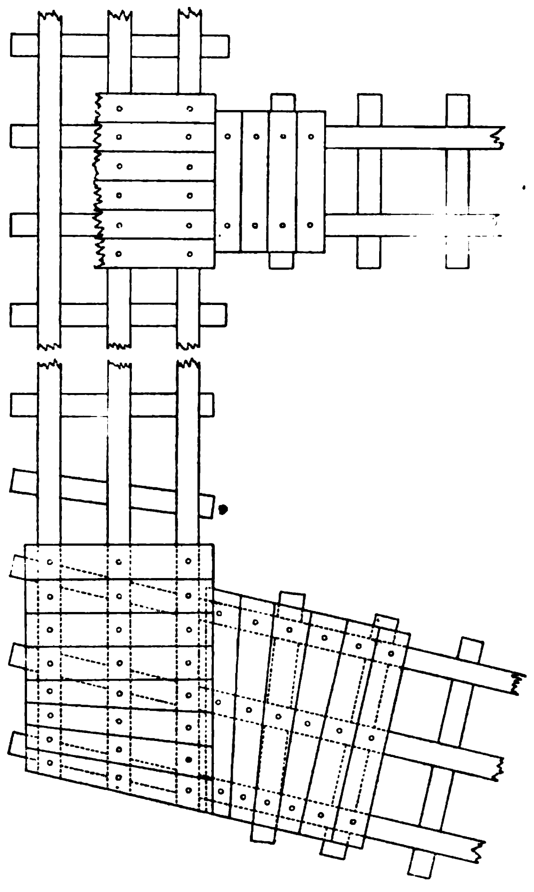
Die Entfernung der Langschwellen (von Mitte zu Mitte) soll so grofs gewählt werden, dafs die darauf liegenden Bohlen das Mauerwerk mit Sicherheit tragen können; dieselbe beträgt 0,60 bis 1,25 m, in der Regel jedoch zwischen 0,75 und 1,00 m. Die Querschwellen stehen etwas weiter von einander ab, 1,00 bis 1,80 m, meist zwischen 1,25 und 1,50 m.

Lang- und Querschwellen erhalten in der Regel einen quadratischen Querschnitt; die Querschnittsabmessung der ersteren schwankt zwischen 25 und 33 cm; die letzteren erhalten etwa das 0,9-fache davon, also 22 bis 30 cm Stärke. Bei geringerer Belastung werden die Schwellen wohl auch durch stärkere Bohlen oder Halbhölzer (15 bis 18 cm dick) ersetzt.

An Mauerecken, Mauerdurchkreuzungen etc. wechseln Lang- und Querschwellen in den zusammenstofsenden Schenkeln ihre Rolle, und es erhält dadurch der Bohlenbelag eine verschiedene Höhenlage (Fig. 685). Wollte man erzielen, dafs dieser in einer Ebene gelegen ist, so müsste an der Ecke, an der Kreuzung etc. eine vollständige Ueberschneidung der sich kreuzenden Schwellen stattfinden, was eine Schwächung derselben mit sich bringen würde; letztere ist namentlich an Gebäudeecken zu vermeiden.

Fig. 685.





Schwellrost-Ecken- und -Durchkreuzungen.

1/100 n. Gr.

Wenn die auf Schwellrost zu fundirende Ecke schräg ist, so werden in der unmittelbaren Nähe derselben die Querschwellen nicht winkelrecht zu den Langschwellen, sondern schräg gelegt; man läfst sie allmählich aus der schrägen (zur anderen Mauer parallelen) Richtung in die normale Lage übergehen (Fig. 685).

425. Bettung.

2) Die Ausfüllung der Rostfelder, wohl auch **Bettung** genannt, besteht aus Kies, aus fest gestampftem Bauschutt, aus Lehm und Thon, aus Lehm mit Sand vermischt, aus Bruchsteinmauerwerk, aus Sand, aus Beton etc. Wenn Lehm verwendet wird, so schlage man denselben fest ein; Sand dichte man durch reichliches Uebergiefsen mit Wasser; eine Betonirung ist meist zu theuer, und es ist besser, statt eines Schwellrostes mit ausbetonirten Fachen ein nur aus Beton bestehendes Fundament anzuwenden.

Die Bettung soll stets in der Höhe der Langschwellen-Oberkante sorgfältig abgeglichen werden, damit sie den Bohlenbelag mitträgt; sonst ist ihr constructiver Werth ein geringer. Bisweilen hat man sie auch ganz weggelassen.

426. Bohlenbelag.

3) Der Bohlenbelag wird in der Regel 1/3 so stark wie die Querschwellen, mithin 7 bis 10 cm gemacht. Seine Dicke ist von der Gröfse der Belastung und vom Abstand der Langschwellen abhängig; bei gegebener Bohlendicke mufs die Entfernung der Langschwellen danach berechnet werden.

Die Bohlen müffen ftärker (12 bis 15 cm) gewählt werden, wenn die eine Schwellenlage weggelaffen wird und der Bohlenbelag deren Aufgabe mit zu erfüllen hat.

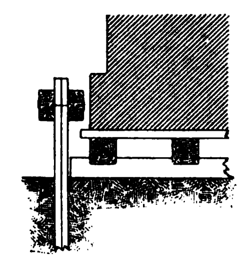
Die Bohlen werden auf den Langfchwellen mittels hölzerner Nägel oder auch gar nicht befeftigt. Es ift gut, wenn die Bohlen möglichft breit find; fie find meift rechteckig geftaltet; nur in der Nähe fchräger Ecken nehmen fie Trapezform an (Fig. 685).

427.
Ausführung.

Ein derartig conftruirter Schwellroft kann bei nicht zu prefsbarem und nicht zu ungleichartigem Boden einer Belaftung von 2,5 bis 3,0 kg für 1 qcm ausgefetzt werden.

Bei Gründungen im Waffer mufs der Schwellroft mit einer Spundwand umgeben werden (Fig. 686), die das Ausfpülen des Bodenmaterials, unter Umftänden auch der Bettung, zu verhüten hat. Auch bei fonftigen Schwellroft-Fundirungen kann fich die Anbringung einer Spundwand empfehlen, wenn man dadurch das feitliche Ausweichen des Baugrundes verhüten will.

Fig. 686.



Schwellroft mit Spundwand.
1/100 n. Gr.

Die Spundwand darf niemals unter den Schwellroft gelegt, mufs vielmehr unabhängig davon angeordnet werden; in erfterem Falle würde ein ungleichmäfsiges Setzen des Roftes hervorgerufen werden. Kann die Spundwand feitlich ausweichen, fo fchütze man fie dagegen durch Verankerung mit dem auf dem Rofte ruhenden Mauerwerk.

Bei jeder Schwellroft-Gründung ift auch zu beachten, dafs das darauf zu fetzende Mauerwerk an allen Stellen in möglichft gleicher Höhe ausgeführt werde, damit die Belaftung deffelben eine thunlichft gleichmäfsige fei. Wird das Mauerwerk nur an einigen Stellen bis zu einer gewiffen Höhe aufgeführt, an anderen Stellen der Schwellroft aber gar nicht belaftet, fo tritt ein ungleichmäfsiges Einfinken des Roftes, eine fchädliche Durchbiegung, unter Umftänden ein Schiefftellen deffelben ein.

428.
Anwendung.

In Art. 405 (S. 285) wurde bereits gefagt, wann im Allgemeinen Sand-, Beton- und Schwellroft-Fundamente zur Anwendung kommen. Letztere haben vor den beiden erfteren den Vorzug, dafs durch fie eine Längsverankerung des Mauerwerkes bewirkt wird; indefs ift man bei Schwellroften betreff der Fundirungs-Tiefe an das Niveau des niedrigften Wafferftandes gebunden. Ein theilweifes Einfinken des Bauwerkes wird durch den Schwellroft felbftredend nicht vermieden; allein auch dem ungleichmäfsigen Setzen wird nur innerhalb gewiffer Grenzen, die durch die Elafticitätsverhältniffe des Holzes gegeben find, vorgebeugt. Der Schwellroft fteht in letzterer Beziehung dem Beton und auch der Sandfchüttung nach; letztere verhütet die ungleichmäfsige Senkung in vollkommenerer Weife.

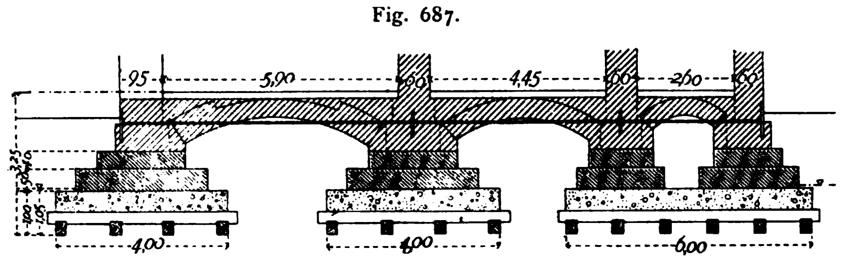
Erwägt man die erwähnten Mifsftände und nimmt man noch hinzu, dafs in Folge der ftets fteigenden Holzpreife auch die Koften der Schwellrofte nicht geringe find, fo erweifen fich derartige Fundament-Conftructionen nur in wenigen Fällen als vortheilhaft. Man wird meiftens den Schwellroft bei geringen Belaftungen durch Sandfchüttung, bei ftärkerem Drucke durch Beton mit Erfolg erfetzen. Es entfpricht auch dem heutigen Stande der Technik nur wenig, wenn man zwifchen den Baugrund und das Mauerwerk ohne zwingende Gründe eine Holz-Conftruction legt.

Beifpiele von Schwellroft-Gründungen aus älterer Zeit liegen ziemlich zahlreich vor [196]). Aus neuerer Zeit ift wohl nur die Fundirung des von *v. Ferftel* herrührenden Verwaltungsgebäudes des öfterreichifch-ungarifchen Lloyd in Trieft, eines viergefchoffigen Baues mit nahezu quadratifcher Grundfläche von 63 m Seitenlänge, erwähnenswerth (Fig. 687). Die Bodenverhältniffe waren die denkbar ungünftigften, da der der See zugekehrte Theil, an dem fich die Hauptfront befindet, noch vor 30 Jahren, der rückfeitige Theil noch vor etwa 100 Jahren dem Meere angehörte und der Grund bis auf die Tiefe von 29 m aus aufgeweichtem

[196]) Siehe u. A. die von *Stapel* ausgeführte Gründung des Packhofes in Halle a. d. S.: ROMBERG's Zeitfchr. f. pract Bauk. 1858, S. 34.

Schlammboden beſteht. Alle in der Nähe befindlichen Gebäude zeigen denn auch, namentlich durch die Verbiegungen der horizontalen Bauglieder, den Einfluſs dieſes ſchlechten Baugrundes, der beſonders auffallend am Trieſter Stadthauſe zu Tage tritt. Um derartigen Uebelſtänden zu begegnen, hat das Fundament unter der Fuſsbodengleiche eine Tiefe von 3,25 m und ſetzt ſich aus 4 Schichten zuſammen. Die unterſte, ungefähr 1 m hohe Schicht beſteht aus einem ſtarken, liegenden Roſte aus Lärchenholz, der mit Beton

Fig. 687.



Vom Adminiſtrations-Gebäude des öſterreichiſch-ungariſchen Lloyd in Trieſt [197]).

1/175 n. Gr.

übermauert iſt. Hierauf kommen, ſtets mit etwas abnehmender Breite, zwei Schichten aus Maſſegno-Blöcken, einem vortrefflichen, beſonders zu Fundirungen geeigneten Materiale, das in der Nähe von Trieſt, und zwar in Platten bis zu 2 m Länge und 50 cm Dicke gebrochen wird. Auf die obere, etwa 40 cm ſtarke Lage iſt das Bruchſteinmauerwerk aufgeſetzt. Es wurden bloſs die wichtigſten Mauern in dieſer Art fundirt, während die Scheidemauern auf Gurte geſetzt ſind, welche die Hauptfundamente mit einander verbinden. Ferner wurde, um ein möglichſt gleichmäſsiges Setzen zu erzielen, die Fundirungsfläche der in den einzelnen Abſchnitten der Baufläche verſchiedenen Bodendichtigkeit entſprechend bemeſſen. Der Erfolg dieſer Anordnungen war im Weſentlichen ein günſtiger, da das im Ganzen etwa 15 cm betragende Setzen ziemlich gleichmäſsig erfolgt iſt und der gröſste Unterſchied in demſelben anfänglich nur 6 cm, nach dem Einfügen der Steinverkleidung etwas mehr betragen hat. Die gröſsere Senkung fand an der Seeſeite ſtatt, trotzdem dort breitere Fundamente vorhanden ſind [197]).

---

197) Näheres in: Allg. Bauz. 1883, S. 38 — ferner: Wochſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 5 — endlich: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 47.

3. Abſchnitt.

Verſenkte Fundamente.

429. Vorbemerkungen.

Liegt die tragfähige Bodenſchicht in ſo bedeutender Tiefe, daſs ſie mit den im vorhergehenden Abſchnitt bezeichneten Mitteln nicht erreicht werden kann, oder iſt der vorhandene Baugrund ſo locker und nachgiebig, daſs man mit Hilfe von Sand-, Beton- oder Schwellroſt-Fundamenten ein Bauwerk mit Sicherheit darauf nicht errichten kann, ſo wendet man verſenkte Fundamente an.

Wie ſchon in Art. 373 (S. 260) geſagt wurde, unterſcheiden ſich die verſenkten Fundamente von den aufgebauten weſentlich dadurch, daſs ſie nicht von unten nach oben, ſondern von oben nach unten hergeſtellt werden. Es wird bei dieſer Gründungsmethode die lockere, nicht tragfähige Bodenſchicht gar nicht oder nur zum geringen Theile abgegraben und die Fundirung durch dieſe Schicht hindurch vorgenommen. Hierbei werden entweder:

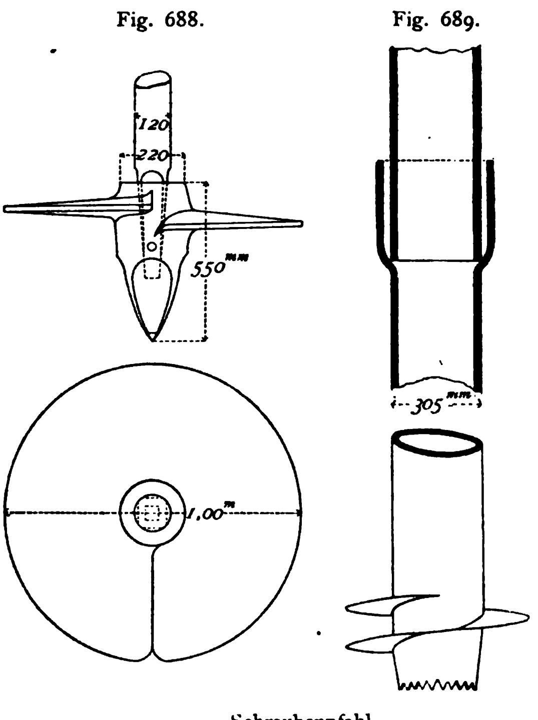


Fig. 688. Schraubenpfahl von einem Krahnſchuppen in Bremen (Syſtem *Neukirch*).

Fig. 689. Schraubenpfahl vom *Promenade-Pier* zu Skegneſs.

1/25 n. Gr.

1) die Haupt-Conſtructionstheile des Fundamentes (die Pfähle) durch die lockere Schicht eingetrieben, bezw. eingedreht, oder

2) es wird unter dem fertigen Fundamentkörper das lockere Bodenmaterial weggenommen und dieſer dadurch allmählich in den Boden eingeſenkt.

Im erſteren Falle handelt es ſich um Pfahlgründungen, im letzteren um Fundirungen auf Senkbrunnen und auf Senkröhren. In Betreff der Pfahlgründungen kommen hauptſächlich die ſog. Pfahlroſte in Betracht, bei denen hölzerne Rundpfähle die Fundamentſtützen des Bauwerkes bilden.

Indefs werden bei manchen Bauten am und im offenen Waffer, wie z. B. bei Badehäufern, Schwimm-Anftalten, *Promenade-Piers*, Leuchtthürmen, Landungsbrücken etc. auch eiferne Pfähle angewendet, welche in der Regel in den Boden eingefchraubt, feltener eingetrieben werden.

430. Gründung auf eifernen Pfählen.

Im vorliegenden Falle find es meift gefchmiedete Eifenftangen von 10 bis 15 cm (felten mehr) Durchmeffer, welche unten mit einer fog. Pfahlfchraube (Fig. 688) verfehen find; die letztere ift aus Gufseifen hergeftellt, hat etwa 1 m Durchmeffer und dient nicht nur zum Eindrehen der Pfähle in den Boden, fondern giebt denfelben auch eine gröfsere Bafis, wodurch fie der Belaftung beffer widerftehen. Die Tragfähigkeit derartiger Schraubenpfähle kann zu 45 kg für 1 qcm Pfahlkopffläche oder zu 12 kg zu 1 qcm Stützfläche angenommen werden. Noch feltener kommen bei den im Gebiete der Architektur in Betracht zu ziehenden Bauwerken gufseiferne Röhrenpfähle (Fig. 689) zur Verwendung.

Von den Gründungen auf eifernen Pfählen [198]) wird, in Rückficht auf die geringe Anwendung derfelben im Hochbauwefen, im Folgenden weiter nicht die Rede fein.

---

1. Kapitel.

Pfahlroft-Fundamente.

431. Allgemeines.

Den wefentlichften Conftructionstheil eines Pfahlroft-Fundamentes bilden die hölzernen Pfähle, welche ähnlich wie Säulen oder andere Freiftützen den betreffenden Baukörper zu tragen haben. Diefe Pfähle ragen entweder gar nicht, bezw. nur mit einem fehr geringen Theile ihrer Länge aus dem Boden hervor, find alfo Grundpfähle, und der Pfahlroft wird tief liegend genannt; oder es tritt ein bedeutender Theil der Pfahllänge über dem Boden hervor, es find demnach Langpfähle vorhanden, und man hat es mit einem hoch liegenden Pfahlroft oder einem Stelzen-Fundament zu thun. (Siehe auch Art. 149, S. 107.)

Im Hochbauwefen kommen faft nur tief liegende Pfahlrofte vor, und es werden im Folgenden auch nur diefe eine eingehende Befprechung erfahren.

Die tief liegenden Pfahlrofte werden in der Regel innerhalb einer wafferfreien Baugrube hergeftellt, während die hoch liegenden für Gründungen im offenen Waffer Anwendung finden, wobei die Herftellung und Trockenlegung der Baugrube meiftens entfällt.

Auf die Pfähle, welche in gleicher Höhe abgefchnitten werden, hat man bisweilen unmittelbar das Mauerwerk gefetzt; indefs ift dies nur zuläffig, wenn die Pfähle fehr nahe an einander ftehen, wenn für die unterften Mauerfchichten grofse Steine oder Platten zur Verwendung kommen und wenn die Belaftung eine geringe ift. Liegen andere Bedingungen vor, fo treten im Mauerkörper ungleichmäfsige Senkungen ein, welche fchädliche Trennungen darin hervorrufen. In den allermeiften Fällen ift defshalb noch eine Zwifchen-Conftruction oder Roftdecke erforderlich, die entweder durch einen liegenden Roft oder durch einen Betonkörper gebildet wird. Die erftere Anordnung ift die im Hochbauwefen gewöhnlich vorkommende; Beton-Pfahlrofte haben im Hochbauwefen bisher nur eine befchränkte Anwendung gefunden.

---

[198]) Aus der Literatur über eiferne Schraubenpfähle feien hervorgehoben:

HEINZERLING, F. Die Brücken in Eifen. Leipzig 1870. S. 393.

MORANDIÈRE, R. *Traité de la conftruction des ponts et viaducs. 1er fafc.* Paris 1874. S. 141.

KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 120.

Handbuch der Ingenieurwiffenfchaften. 1. Band. Herausgegeben von E. HEUSINGER V. WALDEGG. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 330.

a) Roftpfähle.

432.
Wirkfamkeit
der
Pfähle.

Für die Roftpfähle ift vor Allem das in Abth. I, Abfchn. 2, Kap. 2, b (Art. 149 bis 153, S. 107 bis 109) über Pfähle Gefagte mafsgebend; an diefer Stelle mögen noch die folgenden Betrachtungen Platz finden.

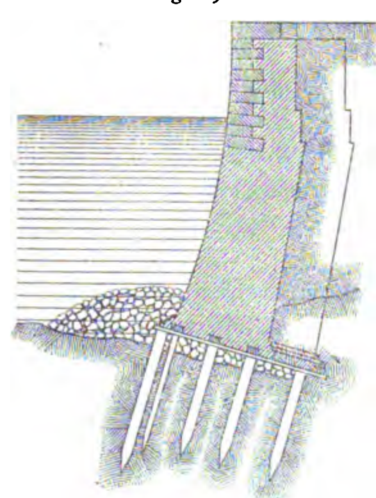
1) Die Pfähle können den betreffenden Baukörper in zweifacher Weife tragen. Entweder ftehen fie mit ihrer Spitze auf, bezw. zum Theile in der feften, tragfähigen Bodenfchicht, übertragen fonach den aufgenommenen Druck unmittelbar auf die letztere. Oder fie erhalten in der lockeren Bodenfchicht die erforderliche Standfeftigkeit im Wefentlichen nur durch die Reibung zwifchen der Pfahloberfläche und dem fie umgebenden Bodenmaterial[199]).

Dem in Art. 362 (S. 249) aufgeftellten Grundfatze entfprechend, wird die erftgedachte Anordnung der letztangeführten ftets vorzuziehen fein; die erftere ift dann mit der im vorhergehenden Abfchnitt (Kap. 2, b, 1) vorgeführten Pfeilergründung fehr nahe verwandt, wird auch bisweilen mit derfelben vereinigt. Bei gröfserer Mächtigkeit der lockeren Bodenfchicht kann fich indefs eine fo bedeutende Pfahllänge ergeben, dafs die Fundirung viel zu theuer zu ftehen käme, wollte man die Pfähle bis auf die tragfähige Schicht einrammen; ja die letztere kann unter Umftänden mittels Pfählen gar nicht erreichbar fein.

433.
Richtung
der
Pfähle.

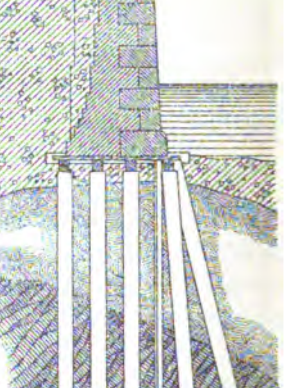
2) Die Pfähle werden auf Knickfeftigkeit beanfprucht; defshalb ift es am vortheilhafteften, wenn die Axe der Pfähle in der Richtung des auf fie wirkenden Druckes gelegen ift. Da nun bei den meiften Hochbauten im Wefentlichen nur lothrechte Drücke vorkommen, fo werden die Pfähle in der Regel lothrecht in den Boden eingetrieben. Indefs wird es bei Widerlagern weit gefpannter und flacher Gewölbe, bei Stützmauern, bei Freiftützen, welche Dach-Conftructionen zu tragen haben, überhaupt bei Bautheilen, die einen ftarken Seitenfchub erfahren, vorzuziehen fein, die Pfähle in die Richtung des herrfchenden Druckes zu ftellen (Fig. 690).

Fig. 690.



Vom Verbindungs-Dock zu Hull.
1/200 n. Gr.

Fig. 691.



Reefendamm-Quai-Mauer in Hamburg. — 1/200 n. Gr.

199) Wenn man diefe Reibung in Rechnung ziehen will, ift zu beachten, dafs fie meift im Anfang (unmittelbar nach dem Einrammen der Pfähle) gröfser ift und fpäter etwas abnimmt. In Folge der Zufammenpreffung, welche der Boden beim Einfchlagen der Pfähle erfährt, ift die Reibung zunächft ziemlich bedeutend; indefs ift diefes Mafs nur bei fandigem und ähnlichem Boden von Dauer. Bei anderem Material pflanzt fich der Druck allmählich nach aufsen fort, wodurch nach und nach ein Ausgleich in den Druckverhältniffen der betreffenden Bodenfchicht eintritt, fonach die Reibung zwifchen Pfählen und Erde vermindert wird. Das Schlagen einer Spundwand kann innerhalb gewiffer Grenzen einem folchen Ausgleich entgegenwirken; allein bei befonders lockerem Boden kann auch eine folche Wand in fchädlicher Weife beeinflufst werden; es kann ein Schiefftellen derfelben eintreten.

Bisweilen genügt es, nur eine oder nur einige Pfahlreihen schräg zu stellen, die übrigen aber lothrecht anzuordnen (Fig. 691). In manchen Fällen ist der Seitenschub veränderlich, nicht nur was seine Gröfse und Richtung betrifft, sondern auch in dem Sinne, dafs er bald von der einen, bald von der anderen Seite wirksam sein kann. Bei Mittelstützen gröfserer Gewölb-Constructionen, bei denen die Belastung veränderlich ist, bei den Stützen gröfserer Decken und Dächer etc. kann dieser Fall eintreten. Alsdann werden einzelne Pfähle, bezw. Pfahlreihen gleichfalls schräg gestellt, jedoch nach verschiedenen Richtungen derart, dafs den am häufigsten vorkommenden Druckverhältnissen in geeigneter Weise entgegengewirkt wird (Fig. 692).

434. Länge der Pfähle.

3) Die Länge der Rostpfähle läfst sich dann in sehr einfacher Weise bestimmen, wenn die Pfahlspitzen auf der tragfähigen Bodenschicht stehen sollen. Die Tiefenlage der letzteren, die man durch geeignete Bodenuntersuchungen (vergl. Art. 333, S. 237) fest stellen mufs, ist für die Pfahllänge mafsgebend.

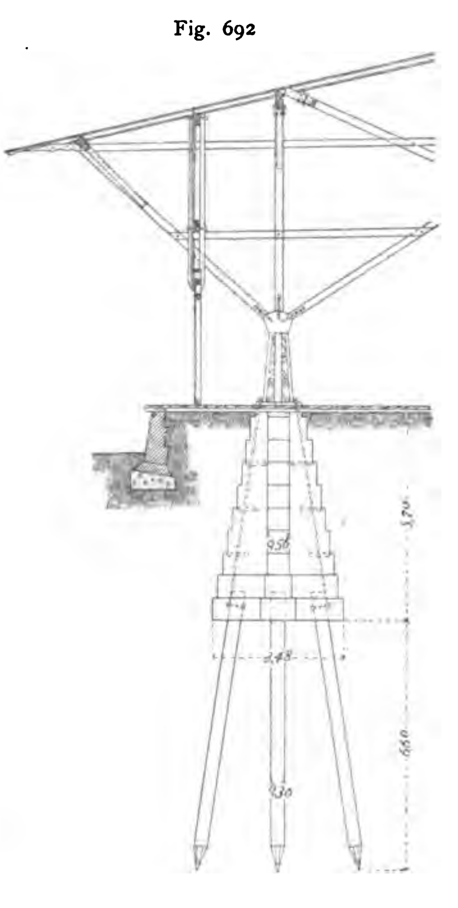
Dagegen stöfst die Ermittelung der richtigen Pfahllänge häufig auf grofse Schwierigkeiten, wenn die Pfähle die erforderliche Standfestigkeit nur mittels Reibung in der lockeren Bodenschicht erhalten. Handelt es sich um eingerammte Pfähle, so kann man die von *Eytelwein*, *Redtenbacher*[200]), *Weisbach*[201]) etc. aufgestellten Ramm-Theorien benutzen.

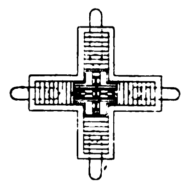
Die Ramm-Theorien haben die Aufgabe, eine Beziehung zwischen der Stofswirkung, die eine Ramme auf den einzutreibenden Pfahl ausübt, und der ruhenden Last, die er mit Sicherheit zu tragen im Stande ist, aufzustellen. Die gedachte Stofswirkung läfst sich nach jeder Hitze (von etwa 20 unmittelbar auf einander folgenden Schlägen) in so fern unmittelbar ermitteln, als man das Eindringen des Pfahles jedesmal messen kann. Je geringer dieses Eindringen in der letzten Hitze war, desto gröfser wird im Allgemeinen die Tragfähigkeit des Pfahles sein. In solchen Theorien spielen defshalb die Gröfsen: Gewicht des Pfahles, Gewicht des Rammbären, Fallhöhe des letzteren und Tiefe des Eindringens die Hauptrolle.

Die meisten Ramm-Theorien geben nur wenig zuverlässige Resultate, da sie auf die Beschaffenheit der betreffenden Bodenschicht keine genügende Rücksicht nehmen. Für Rostpfähle, die in anderer Weise, z. B. durch Wasserspülung, in den Boden getrieben werden, fehlen theoretische Anhaltspunkte gänzlich.

Da auch die empirischen Formeln, die von verschiedenen Autoren angegeben worden sind, unbrauchbar sind, so ist man in den häufigsten Fällen darauf angewiesen, die nothwendige Pfahllänge durch Versuche zu ermitteln. Man treibt Probepfähle von verschiedener

Fig. 692





Vom Quai-Schuppen am Grasbrookhafen zu Hamburg. — $^1/_{200}$ n. Gr.

200) Redtenbacher, F. Principien der Mechanik und des Maschinenbaues. Mannheim 1852. S. 102.

201) Weisbach, J. Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. I. Theil. 5. Aufl. Bearbeitet von G. Herrmann. Braunschweig 1874. S. 824.

Länge und nach verfchiedenen Ramm-Methoden ein, bringt alsdann todte Laften auf und beobachtet forgfältig das Verhalten der Pfähle. Bei kleineren Bauwerken find folche Verfuche allerdings zu umftändlich und koftfpielig, und man fufst häufig auf fonftigen Erfahrungsergebniffen, namentlich auf folchen, die unter ähnlichen Verhältniffen gewonnen wurden.

In Frankreich nimmt man an, dafs in mittelfeftem Boden ein Pfahl, der eine dauernde Belaftung von 25 t tragen foll, in der letzten Hitze höchftens 10 mm tief eindringen dürfe. — In Holland wird bei Belaftungen von 5 bis 10 t die zuläffige Eindringungstiefe bis zu 10 cm angenommen. — Im Sand- und Kiesboden der Rheinebene (Heffens und Badens) darf ein Pfahl, wenn er eine Laft von 20 t mit Sicherheit tragen foll, in der letzten Hitze höchftens 4 bis 10 mm einfinken.

Alpine glaubt aus feinen Rammverfuchen folgende Regeln gefunden zu haben:

α) Wächst die Fallhöhe des Rammbären, fo nimmt die Tragfähigkeit des eingerammten Pfahles im Verhältnifs der Quadratwurzel der Fallhöhe zu.

β) Wächst das Bärgewicht, fo nimmt die Tragfähigkeit um ca. 0,8 des vermehrten Gewichtes zu.

γ) Die Tragfähigkeiten von Pfählen, die mit gleichem Bärgewicht bei gleicher Fallhöhe eingerammt wurden, verhalten fich wie die Quadrate der Reibungsflächen der Pfähle.

435. Dicke der Pfähle.

4) Die Gröfse der Pfahlkopf-Fläche hängt ab von der mittleren Dicke der Pfähle und von dem Verjüngungsverhältnifs der Baumftämme, die zu den Pfählen benutzt wurden. Die mittlere Pfahldicke ift wieder abhängig von der Pfahllänge. Zu dem in Art. 149 (S. 107) in diefer Richtung bereits Gefagten fei hier noch hinzugefügt, dafs man für die Pfähle tief liegender Rofte einen mittleren Durchmeffer

$$d = 12 + 3\,l \text{ Centim.}$$

zu wählen habe, wenn l die Pfahllänge (in Met.) bezeichnet.

Prudhomme giebt allgemein

$$d = \frac{l}{24} \text{ Centim.}$$

an. Andere Autoren wählen bis 5 m Pfahllänge 25 cm Pfahldicke, für jeden Meter Mehrlänge 10 bis 15 mm Mehrdicke.

Die ftatifche Ermittelung der Dicke von Grundpfählen ift mit Hilfe der Gleichung 26. (S. 107) möglich. Für Langpfähle ift die Gleichung 27. (S. 108) in Anwendung zu bringen; für annähernde Rechnungen kann man auch die Relation benutzen:

$$d = 15 + 2{,}75\,l \text{ Centim.}$$

436. Zahl der Pfähle.

5) Die erforderliche Zahl von Roftpfählen ift gleich der Gefammtbelaftung des Pfahlroftes, dividirt durch die Tragfähigkeit eines Pfahles. Letztere mufs nach den in Art. 434 gemachten Angaben ermittelt werden; als weitere Anhaltspunkte mögen die nachftehenden Erfahrungszahlen dienen.

437. Tragfähigkeit der Pfähle.

Die Tragfähigkeit für 1 qcm Pfahlkopf-Fläche fchwankt zwifchen 15 und 45 kg, bleibt aber meift zwifchen 20 und 40 kg; eine Belaftung von 20 kg ift bei langen Pfählen und lockerem Boden, eine Belaftung von 40 kg bei kurzen Pfählen und weniger lockerem Boden zuläffig.

Heinzerling giebt als zuläffige Belaftung für 1 qcm Nutzfläche des Pfahlroftes an: bei Moorboden 0,8 bis 1,2 kg, bei befferem Bodenmaterial 3 bis 5 kg, bei fefterem durch Pfähle gedichteten Lehm-, Thon- und Sandboden bis 7 kg.

Ift die Tragfähigkeit für 1 qcm Pfahlkopf-Fläche k (in Kilogr.) und mifft die letztere f (in Quadr.-Centim.), fo ift die Tragfähigkeit des Pfahles kf Kilogr. Beträgt der Druck, den das künftige Bauwerk auf den Pfahlroft ausüben wird, D (in Tonnen), fo ift die erforderliche Zahl n der Pfähle

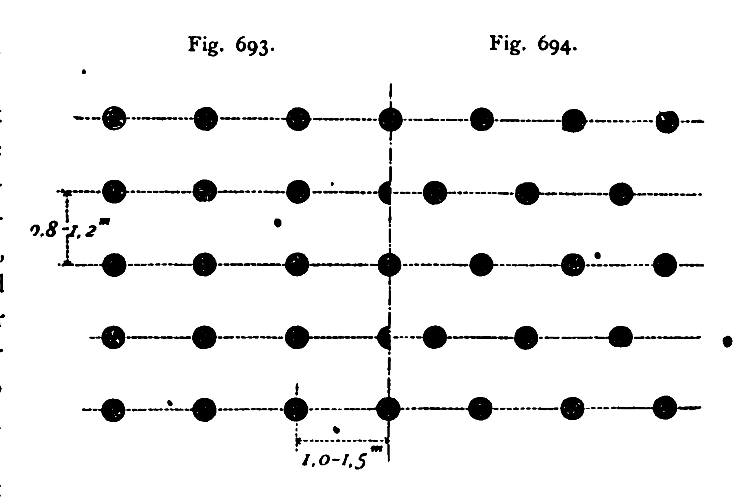
$$n = \frac{1000\,D}{k\,f}.$$

438. Anordnung der Pfähle.

6) Die Vertheilung der Pfähle im Grundrifs foll derart gefchehen, dafs jeder Pfahl eine gleich grofse Belaftung erfährt und dafs an jede Ecke ein Pfahl zu ftehen kommt. Bei regelmäfsiger (rechteckiger) Grundrifsform läfft fich diefe Bedingung

am einfachsten dadurch erfüllen, dafs man die Pfähle reihenweife fchlägt (Fig. 693 u. 694). Die einzelnen Pfahlreihen erhalten alsdann einen Abftand von 0,70 bis 1,25 m, meift zwifchen 0,80 und 1,20 m. Die Pfähle einer Reihe find etwas weiter von einander entfernt, fo dafs der Abftand ca. um $^1/_6$ gröfser ift; man findet 0,90 bis 1,80 m, doch ift 1,00 bis 1,50 m Abftand zu empfehlen. Die ftatifche Berechnung, welche auf Grundlage der in Art. 434 bis 438 gemachten Angaben anzuftellen ift, mufs für die Wahl des Pfahlabftandes mafsgebend fein.

Fig. 693. Fig. 694.



Soll die Roftdecke aus Lang- und Querfchwellen gebildet werden, fo mufs unter jedem Kreuzungspunkte der beiden Schwellenlagen ein Pfahl gelegen fein; hierdurch ergiebt fich die netzförmige, in Fig. 693, 696 u. 697 dargeftellte Anordnung. Wenn jedoch die Pfähle einen Betonkörper oder das Mauerwerk direct zu tragen bekommen, empfiehlt es fich, die Pfähle in den einzelnen Pfahlreihen gegen einander zu verfetzen (Fig. 694). Die äufserfte Pfahlreihe *a* wird ziemlich häufig bündig mit dem Haupt des darüber ftehenden Mauerwerkes gelegt; nur den Bohlenbelag läfft man bisweilen etwas vortreten (Fig. 695). Diefe Anordnung ift unrichtig, weil alsdann die äufseren Pfahlreihen weniger zu tragen haben, wie die zwifchenliegenden, daher leicht ungleichmäfsige Setzungen eintreten können. Defshalb müffen entweder die äufseren Pfahlreihen etwas (um ca. 20 bis 30 cm) nach innen gerückt werden (Fig. 696), oder fie find fo weit nach aufsen zu fchieben, dafs die ihnen zunächft gelegenen Pfahlreihen eben fo belaftet find, wie die zwifchen den letzteren befindlichen (Fig. 697). Die zweitgedachte Anordnung ift die koftfpieligere und empfiehlt fich nur für grofse Belaftungen.

Fig. 696. Fig. 697.

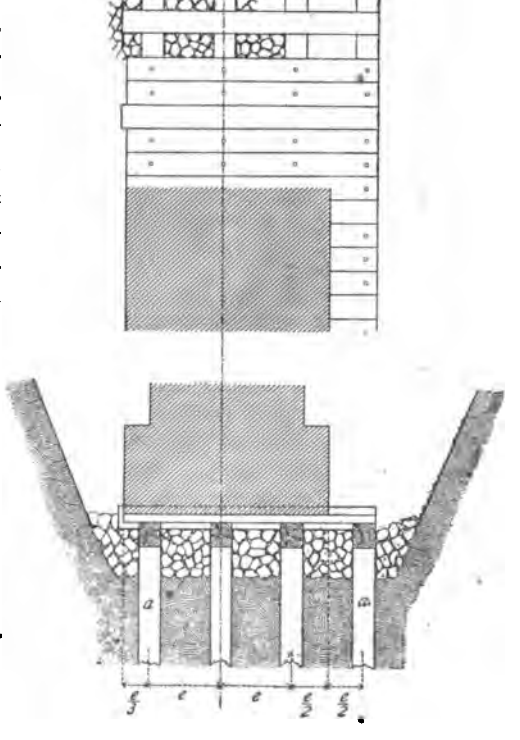


Fig. 695.

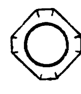
$^1/_{100}$ n. Gr.

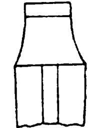
Bei Fundirung von Bauwerken, deren Grundrifs weniger regelmäfsig geformt ift, geftaltet fich die Vertheilung der Roftpfähle weniger einfach. Handelt es fich um einen Beton-Pfahlroft, fo hat man ziemlich freie Hand; wenn jedoch Holzfchwellen auf die Pfähle zu liegen kommen, fo mufs man auf thunlichfte Reihenanordnung der letzteren fehen. Die neben ftehende Tafel giebt ein Beifpiel für eine unregelmäfsigere Grundrifsanordnung.

439. Pfähle.

7) Die Roftpfähle regelmäfsig zu behauen, ift nicht nothwendig; es genügt, wenn die Rinde abgelöst wird. In der That kommen vier- oder gar achteckig (Fig. 698) behauene Pfähle fehr felten vor. Betreff der Form der Pfahlfpitze, der Geftalt der etwa anzuwendenden Pfahlfchuhe etc. ift bereits in Art. 150 bis 152 (S. 108 u. 109) das Erforderliche gefagt worden. Die Pfahlköpfe müffen fo tief gelegen fein, dafs die Oberkante der etwa darauf zu fetzenden Holz-Conftruction mindeftens 30, beffer 50 cm unter den niedrigften Wafferftand zu liegen kommt.

Fig. 698.





Von der neuen *Morgue* in Paris[202]). 1/50 n. Gr.

Wie fchon in Art. 366 (S. 257) bemerkt wurde, ift hierbei auf eine möglicher Weife fpäter eintretende Senkung des Grundwafferfpiegels Rückficht zu nehmen. In Hamburg hat man bei den um die Zeit nach dem grofsen Brande ausgeführten Häufern diefe Regel nicht befolgt. Bei den meiften Neubauten pflegte man etwa 60 cm unter der Kellerfohle den Boden auszuheben und, wenn fich kein tragfähiger Baugrund vorfand, ohne Weiteres einen Pfahlroft auszuführen. Die Folgen diefes Verfahrens haben fich nach Senkung des Grundwafferftandes in Folge des Sielbaues in übelfter Weife geltend gemacht, wovon die koftfpieligen Unterfahrungen der Fundamente vieler Häufer auf der ehemaligen Brandftätte ein deutliches Zeugnifs geben.

b) Roftdecke.

Die Roftdecke oder die Zwifchen-Conftruction, welche die Laft des auf dem Pfahlrofte ruhenden Baukörpers aufnimmt und auf die Pfähle überträgt, kann eine Holz-Conftruction fein oder aus einem Betonkörper beftehen; bisweilen kommen beide Anordnungen vereinigt zur Anwendung.

Die Roftdecke foll ftets winkelrecht zur Richtung des vom darauf zu fetzenden Baukörper ausgeübten Druckes ftehen. Hat man es hauptfächlich mit lothrechten Drücken zu thun, fo ftehen die Pfähle nach Früherem lothrecht, und die Roftdecke mufs wagrecht gelegen fein. (Vergl. auch Fig. 690, S. 306.)

440. Hölzerne Roftdecken.

1) Hölzerne Roftdecken find in ihrer Conftruction mit den in Art. 423 (S. 299) befchriebenen Schwellroften fehr nahe verwandt. Zwei fich kreuzende Schwellenlagen mit einer Ausfüllung der Roftfache, fo wie ein aufgebrachter Bohlenbelag bilden auch hier die gewöhnliche Anordnung (Fig. 696 u. 697).

441. Lang- und Querfchwellen.

Die einer Pfahlreihe angehörigen Pfähle werden meift durch Langfchwellen oder Holme mit einander verbunden. Stehen feitliche Verfchiebungen nicht zu befürchten, fo kann man diefe Schwellen nur ftumpf auf die in gleicher Höhe abgefchnittenen Pfähle auffetzen (Fig. 697); meiftens wird indefs eine Verbindung beider vorgenommen. Diefelbe gefchieht am einfachften mittels ca. 40 cm langer und 3 cm dicker Holzfchrauben oder auch nur mittels eben fo langer Nägel. Die Verbindung wird am widerftandsfähigften, wenn man an die Pfahlköpfe kurze Zapfen (ca. 15 cm lang, 6 bis 8 cm breit, 8 bis 12 cm hoch) anfchneidet und die Langfchwellen mit entfprechenden Zapfenlöchern verfieht (Fig. 699 u. 700). Man läfft wohl auch die Pfahlzapfen durch die ganze Schwellenhöhe hindurchgehen und treibt alsdann von oben Keile in die Hirnenden der Zapfen ein. Eine folche Anordnung ift zwecklos und koftfpielig, daher nicht zu empfehlen.

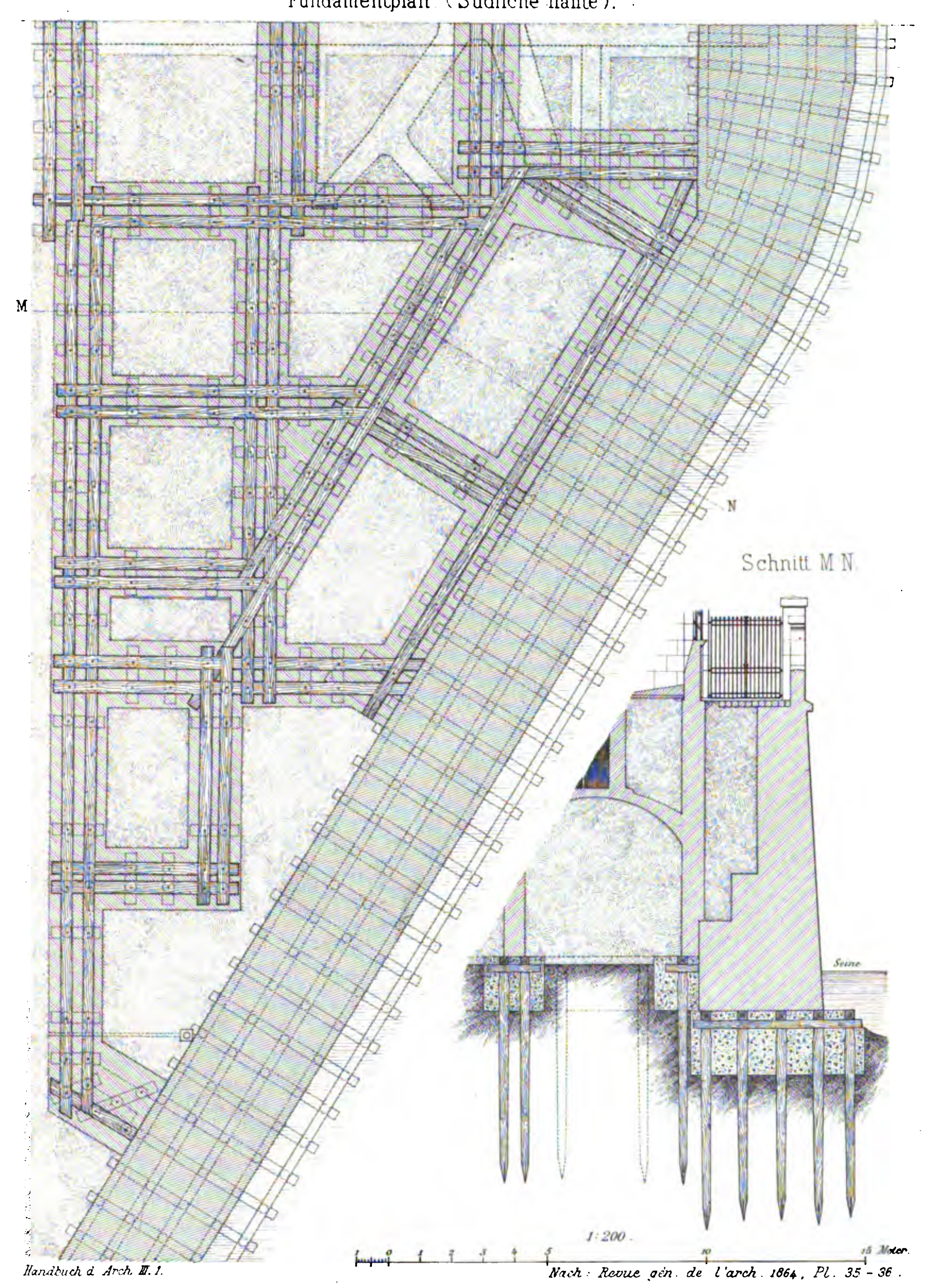
Längere Schwellen beftehen aus einzelnen Stücken, deren Stöfse jedesmal auf einen Pfahl zu liegen kommen; die Stofsverbindung gefchieht eben fo, wie bereits in Art. 424 (S. 300) für die Schwellrofte

[202]) Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1864, Pl. 39.

Zu S. 310.

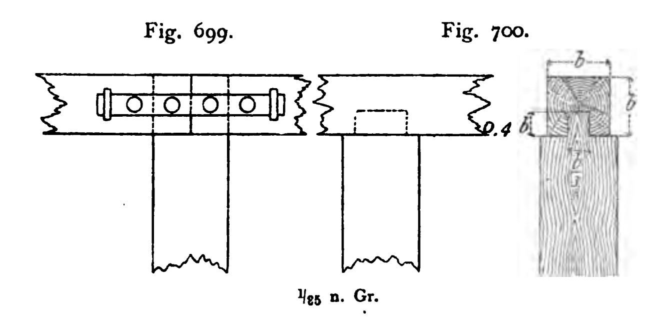
NEUE MORGUE IN PARIS.

Fundamentplan (Südliche Hälfte).



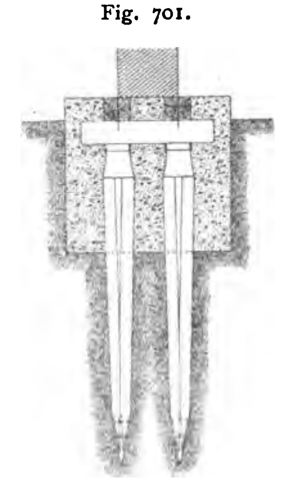
Nach: Revue gén. de l'arch. 1864, Pl. 35–36.

Fig. 699. Fig. 700.



1/25 n. Gr.

Fig. 701.



Von der neuen *Morgue* in Paris [202]). — 1/50 n. Gr.

angegeben wurde; bei ftumpfen Stöfsen (Fig. 699) werden die Zapfen am beften in der vollen Breite der Pfähle angefchnitten, damit die beiden Schwellenenden ficher gefafft werden.

Die Querfchwellen oder Zangen, welche in transverfalem Sinne auf die Langfchwellen zu liegen kommen, werden entweder blofs mittels eiferner, 40 bis 45 cm langer Nägel (Fig. 701), bezw. Holzfchrauben auf letzteren befeftigt oder auf die Langfchwellen aufgekämmt. Wenn indefs, wie dies bei den meiften Hochbauten der Fall ift, die Langfchwellen die wichtigere Rolle fpielen, fo werden diefe gar nicht ausgefchnitten, fondern nur die Querfchwellen.

Bei Hochbauten liegen die Langfchwellen gewöhnlich zu unterft, und es ift eine folche Anordnung, durch die eine Längsverankerung der ganzen Fundament-Conftruction erzielt wird, ganz entfprechend. Wenn indefs ftarke Seitenfchübe wirkfam find, wie bei Widerlagern von gröfseren Gewölben, bei Stützmauern etc., wenn in Folge diefer ein Ausweichen der Pfähle in der Querrichtung des Mauerwerkes zu befürchten wäre, ift es vorzuziehen, die Querfchwellen unmittelbar auf die Pfähle aufzuzapfen und die Langfchwellen erft auf diefe zu legen.

Man hat in letzterem Falle wohl auch das unmittelbare Auffetzen der Langfchwellen auf die Pfahlköpfe beibehalten, jedoch die Roftzangen unter die letzteren gelegt; fie wurden doppelt (aus Halbhölzern) angeordnet, fo dafs die in einer Querreihe gelegenen Pfähle zwifchen je zwei Halbzangen gefafft und damit verbolzt wurden.

442. Bettung.

Die Bettung oder die Ausfüllung der Roftfache, welche auch hier aus Sand, Mauerfchutt, Steinpackung, Trockenmauerwerk, felbft aus Mörtelmauerwerk und aus Beton befteht, reicht bei Pfahlroften meift ziemlich tief (50 cm und darüber) unter die untere Schwellenlage hinab, was zum Theile mit der Ausführung zufammenhängt.

443. Ausführung.

Für die letztere wird bei Hochbauten faft ftets die Ausfchachtung einer Baugrube erforderlich; die Tiefe derfelben hängt zum Theile von der Tiefenlage der unterirdifchen Räume und anderen örtlichen Verhältniffen ab; doch mufs fie jedenfalls fo grofs fein, damit die Oberkante der Holz-Conftruction tief genug unter den niedrigften Grundwafferfpiegel zu liegen kommt.

Nachdem die Pfähle eingerammt worden find, wird zwifchen denfelben das Bodenmaterial auf eine Tiefe von 30 bis 50 cm, bisweilen auf eine noch gröfsere Tiefe ausgehoben; hierdurch wird das Abfchneiden der Pfähle in gleicher Höhe, erforderlichen Falles das Anfchneiden der Zapfen erleichtert.

Bei letzteren Arbeiten mufs Wafferfchöpfen ftattfinden; man kann jedoch das Grundwaffer benutzen, wenn die Pfähle in gleicher wagrechter Ebene abzufchneiden find. Man läfft in die Anfangs trocken gehaltene Baugrube das Grundwaffer bis in Pfahlkopfhöhe eintreten und reifst in der Höhe des Grundwafferfpiegels an den Pfählen die betreffenden Marken ein.

Sind die Pfahlköpfe entfprechend vorbereitet, fo wird zwifchen den Pfählen die Bettung bis zur Höhe der Schwellen-Unterkante eingebracht; hierauf werden die beiden Schwellenlagen verfetzt und alsdann die von ihnen gebildeten Fache gleichfalls ausgefüllt.

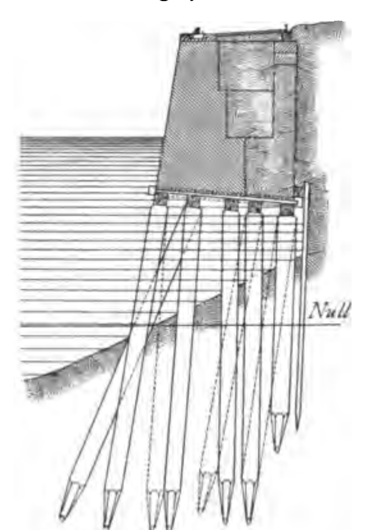
Bei Gründungen im offenen Waffer kann man gleichfalls durch Umfchliefsung der Bauftelle mit einer Spund- oder Pfahlwand, bezw. mit einem Fangdamm die Bildung einer wafferfreien Baugrube ermöglichen.

Das Abfchneiden der Pfähle in gleicher Höhe kann in diefem Falle auch unter Waffer, mittels fog. Grundfägen, gefchehen.

444. Hoch liegende Pfahlrofte.

Die Herftellung und Trockenlegung einer Baugrube kann im offenen Waffer umgangen werden, wenn man ftatt des tief liegenden den fchon erwähnten hoch liegenden Pfahlroft anwendet. Die aus dem Grunde hervorragenden Langpfähle reichen bis an das Niederwaffer und erhalten in diefer Höhe den Schwellenbelag (Fig. 702). Der Raum zwifchen den Pfählen wird häufig mit Steinfchüttungen ausgefüllt; bei gröfserer Höhe trachtet man die Standfeftigkeit des Fundamentes durch ein zwifchen die Pfähle gelegtes Strebenwerk zu erhöhen.

Fig. 702.



Vom Sandthor-Quai in Hamburg.
1/100 n. Gr.

Beim Bau der neuen Börfe in Königsberg (1871—73, Arch.: *H. Müller*) ift der dem Waffer zugekehrte Theil des Gebäudes auf Langpfählen gegründet. Um diefe abzufteifen, bezw. gegen Ausknicken zu fchützen, wurde zwifchen die Pfähle, nachdem fie durch Spundwände umfchloffen waren, eine Beton-Schüttung eingebracht. Schliefslich wurde auf die Pfahlköpfe ein Bohlenbelag gelegt und auf diefen das Mauerwerk gefetzt.

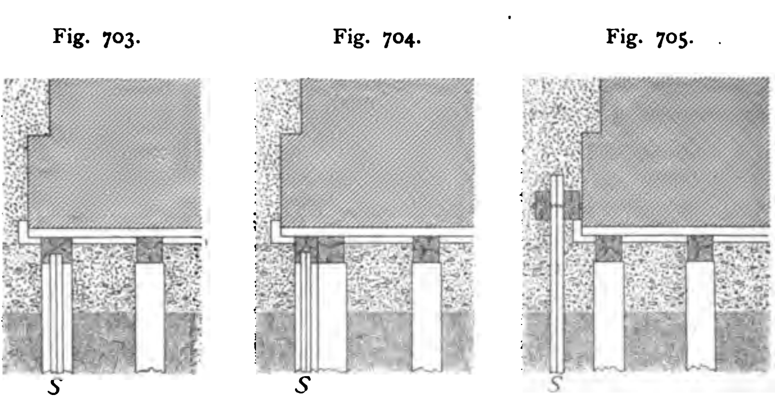
445. Bohlenbelag.

Der Bohlenbelag wird hier eben fo wie beim Schwellroft ausgeführt; feine Dicke, fo wie auch die Abmeffungen der Schwellen find wie bei letzteren zu wählen. Die Anordnung der Schwellenlagen und des Bohlenbelages an Mauerecken und Mauerdurchkreuzungen findet gleichfalls wie bei den Schwellroften ftatt (vergl. auch die Tafel bei S. 310). Bisweilen fehlt der Bohlenbelag gänzlich; es ift dies um fo zuläffiger, je tiefer die Bettung in den Boden reicht (Fig. 701); auch läfft man die eine oder die andere Schwellenlage weg, was insbefondere in Betreff der Querfchwellen gefchehen kann, fobald der Bohlenbelag die erforderliche Querverbindung hervorbringt.

446. Spundwände.

Sobald durch Waffer ein Unterwafchen der Roftdecke oder ein Erweichen des darunter befindlichen Bodenmaterials eintreten kann oder wenn man ein ftarkes feitliches Ausweichen der lockeren Bodenfchicht und der darin ftehenden Pfähle befürchtet, ift der Pfahlroft durch eine Spundwand dagegen zu fchützen. Diefelbe umfchliefst entweder das ganze Fundament, oder

Fig. 703. Fig. 704. Fig. 705.



Anordnung von Spundwänden bei Pfahlroften. — 1/100 n. Gr.

fie wird nur an jener Seite gefchlagen, von wo aus der Angriff des Waffers ftattfindet. Bei Gründungen im offenen Waffer dürfen Spundwände nur dann fehlen, wenn fie durch Steinfchüttungen erfetzt werden.

Es ift am vortheilhafteften, die Spundwand *S* unabhängig von der Pfahlroft-Conftruction anzuordnen, wie in Fig. 705. Die Spundwand zwifchen die äufserften Pfahlreihen oder unmittelbar neben diefelben, fo zu legen, dafs die Roftdecke oder der Bohlenbelag darüber hinwegreicht, ift nur dann zuläffig, wenn die Pfahlreihenanordnung nach Fig. 697 gefchehen ift. Sonft bewirkt die Spundwand ungleichmäfsige Senkungen, da fie unter der Belaftung fich weniger fetzt, als die dazu parallelen Pfahlreihen (Fig. 703 u. 704). Befürchtet man ein feitliches Ausweichen der gefondert angebrachten Spundwand, fo verbinde man fie durch eiferne Anker mit den Querfchwellen der Roftdecke.

447. Beton-Pfahlrofte.

2) **Beton-Pfahlrofte** werden in der Weife gebildet, dafs man auf die eingerammten und in gleicher Höhe abgefchnittenen Pfähle eine Beton-Schicht von entfprechender Mächtigkeit aufbringt (Fig. 706 u. 707). Die Pfahlköpfe follten nicht weniger als 15 cm in den Betonkörper reichen, und diefer follte über den Pfahlköpfen keine geringere Mächtigkeit als etwa 50 cm, beffer 75 cm haben. Für die Herftellung diefer Beton-Schicht gilt das über Beton-Fundamente bereits Gefagte. Spundwände, welche den Betonkörper umfchliefsen und gegen Unterwafchung fchützen, follten hier niemals fehlen (Fig. 707).

Fig. 706. Fig. 707.

Beton-Pfahlrofte. — 1/100 n. Gr.

Für die Gründung des neuen Reichstagshaufes in Berlin[203]) ift an einzelnen Stellen (nördliche Thürme und Kuppel), wo der Baugrund befonders ungünftig befunden wurde, Beton-Pfahlroft-Gründung in Anwendung gekommen. Die mittels Dampframmen *Siffon & White*'fchen Syftemes in der Zeit vom 1. September bis 14. October 1884 und zur Befchleunigung der Arbeit mit Hilfe der elektrifchen Beleuchtung in den Abendftunden gefchlagenen 2232 Stück Rundpfähle der Kuppel hatten bei einem mittleren Durchmeffer von 25 cm eine Länge von 5 m, wurden in einer Tiefe von 1,1 m unter Niederwaffer abgefchnitten und mit einem Betonkörper von 1,4 m Stärke bedeckt. Die Pfähle wurden nach einem gleichfeitigen Dreieck in 1 m Entfernung von Mitte zu Mitte in fchrägen Reihen, deren normaler Abftand 86,6 cm betrug, eingerammt. Vorher war die ganze Baugrube durch eine Spundwand von 5,25 m Tiefe umfchloffen worden. Nach Beendigung der Rammarbeiten wurde der Boden zwifchen den Pfahlköpfen bis auf 15 cm unterhalb diefer ausgehoben, fo dafs die Pfahlköpfe um diefes Mafs in die Beton-Decke eingreifen[204]).

Ueber die Koften diefer Gründung, insbefondere auch im Vergleich zur gewöhnlichen Beton-Gründung fiehe den unten[203]) angezogenen Artikel.

448. Stärke der Beton-Decke.

Die Stärke, welche die Beton-Decke unter den ungünftigften Verhältniffen erhalten müffte, läfft fich ermitteln, wenn man von der Vorausfetzung ausgeht, dafs diefe Platte die ganze Laft auf zwei benachbarte Pfahlreihen wie ein horizontal eingefpannter Balken vermöge feiner Biegungs- und Scherfeftigkeit zu übertragen hat.

Allerdings liegt ein folcher Zuftand nur dann vor, wenn etwa durch Wafferadern an der Beton-Unterfläche die Berührung zwifchen Beton und Erde unterbrochen werden oder letztere dem Zufammenpreffen viel weniger Widerftand entgegenfetzen follte, als die Pfähle felbft.

Für Beanfpruchung auf Biegung ift die Gleichung[205])

$$\frac{\mathcal{J}}{a} = \frac{M}{K}$$

in Anwendung zu bringen, worin $\frac{\mathcal{J}}{a}$ das fog. Widerftandsmoment ift, $\mathcal{J}$ das Trägheitsmoment des Quer-

203) Siehe Art. 374 (S. 260).

204) Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 25.

205) Siehe Gleichung 36. in Theil I, Bd. 1 (S. 262) diefes »Handbuches«.

ſchnittes, a den Abſtand der am meiſten gezogenen Faſer von der neutralen Axe, M das gröſste Biegungsmoment und K die gröſste zuläſſige Zugbeanſpruchung des Betons bezeichnet.

Für einen beiderſeits eingeſpannten Balken iſt das gröſste Angriffsmoment, wenn p die Belaſtung für die Flächeneinheit und l die freie Länge des Balkens bezeichnen,

$$M = \frac{1}{12} p\, l .$$

Iſt h die Stärke der Beton-Decke, ſo iſt $a = \frac{h}{2}$ und für einen Streifen von $b = 1^{\mathrm{m}}$ Breite [206])

$$\mathcal{J} = \frac{1}{12} h^3.$$

Es wird ſonach, auf Grundlage der obigen Bedingungsgleichung,

$$\frac{1 \cdot h^3 \cdot 2}{12 \cdot h} = \frac{p\, l}{12 K},$$

woraus

$$h = \sqrt{\frac{p\, l}{2 K}} .$$

Nimmt man K zu $1{,}3^{\mathrm{kg}}$ für 1^{qcm} [207]) an, ſo wird für Beanſpruchung auf Biegung

$$h = 0{,}0062 \sqrt{p\, l} .$$

Für die Beanſpruchung auf Abſcheren dicht neben den Pfählen iſt die Schubſpannung für die Flächeneinheit [208])

$$\mathfrak{H} = \frac{3}{2} \frac{Q}{h},$$

wobei wieder ein $b = 1^{\mathrm{m}}$ breiter Streifen angenommen wird und Q die Transverſal- oder Verticalkraft bezeichnet. Im vorliegenden Falle iſt $Q = \frac{p\, l}{2}$, ſonach

$$\mathfrak{H} = \frac{3}{4} \frac{q\, l}{h} .$$

Die für Schubfeſtigkeit erforderliche Querſchnittsgröſse F ergiebt ſich aus der Relation [209])

$$F = \frac{\mathfrak{H}}{T},$$

worin T die gröſste zuläſſige Schubbeanſpruchung bezeichnet. Im vorliegenden Falle iſt (für den 1^{m} breiten Streifen) $F = h$, ſonach

$$h = \frac{\mathfrak{H}}{T} = \frac{3 p\, l}{4 h T},$$

woraus

$$h = \sqrt{\frac{3 p\, l}{4 T}} = 0{,}866 \sqrt{\frac{p\, l}{T}} .$$

Nimmt man die Schubfeſtigkeit eines guten Cementmörtels zu 16^{kg} für 1^{qcm} und 10-fache Sicherheit an, ſo wird

$$h = 0{,}866 \sqrt{\frac{p\, l}{16000}} = 0{,}0068 \sqrt{p\, l} .$$

Beiſpiel. Beim Bau des neuen Reichstagshauſes in Berlin betrug die gröſste Belaſtung der Beton-Decke ſtellenweiſe 60^{t} für 1^{qm} und der Abſtand der Pfahlreihen, wie im vorhergehenden Artikel geſagt, 87^{cm}; ſonach ergiebt ſich für Beanſpruchung auf Biegung

$$h = 0{,}0062 \sqrt{60000 \cdot 0{,}87} = 1{,}42^{\mathrm{m}} .$$

Die mit $1{,}4^{\mathrm{m}}$ gewählte Stärke der Beton-Decke iſt ſonach ausreichend.

Für die Beanſpruchung auf Abſcheren iſt die gröſste Schubſpannung bei der gewählten Stärke $h = 1{,}4^{\mathrm{m}}$

$$\mathfrak{H} = \frac{3}{4} \cdot \frac{60000 \cdot 0{,}87}{1{,}4} = 28000^{\mathrm{kg}} \text{ für } 1^{\mathrm{qm}}$$

oder $2{,}8^{\mathrm{kg}}$ für 1^{qcm}. Die Querſchnittsfläche $F = 1{,}4^{\mathrm{m}}$, ſonach die Beanſpruchung auf Abſcheren

$$T = 2{,}0^{\mathrm{kg}} \text{ für } 1^{\mathrm{qcm}}.$$

---

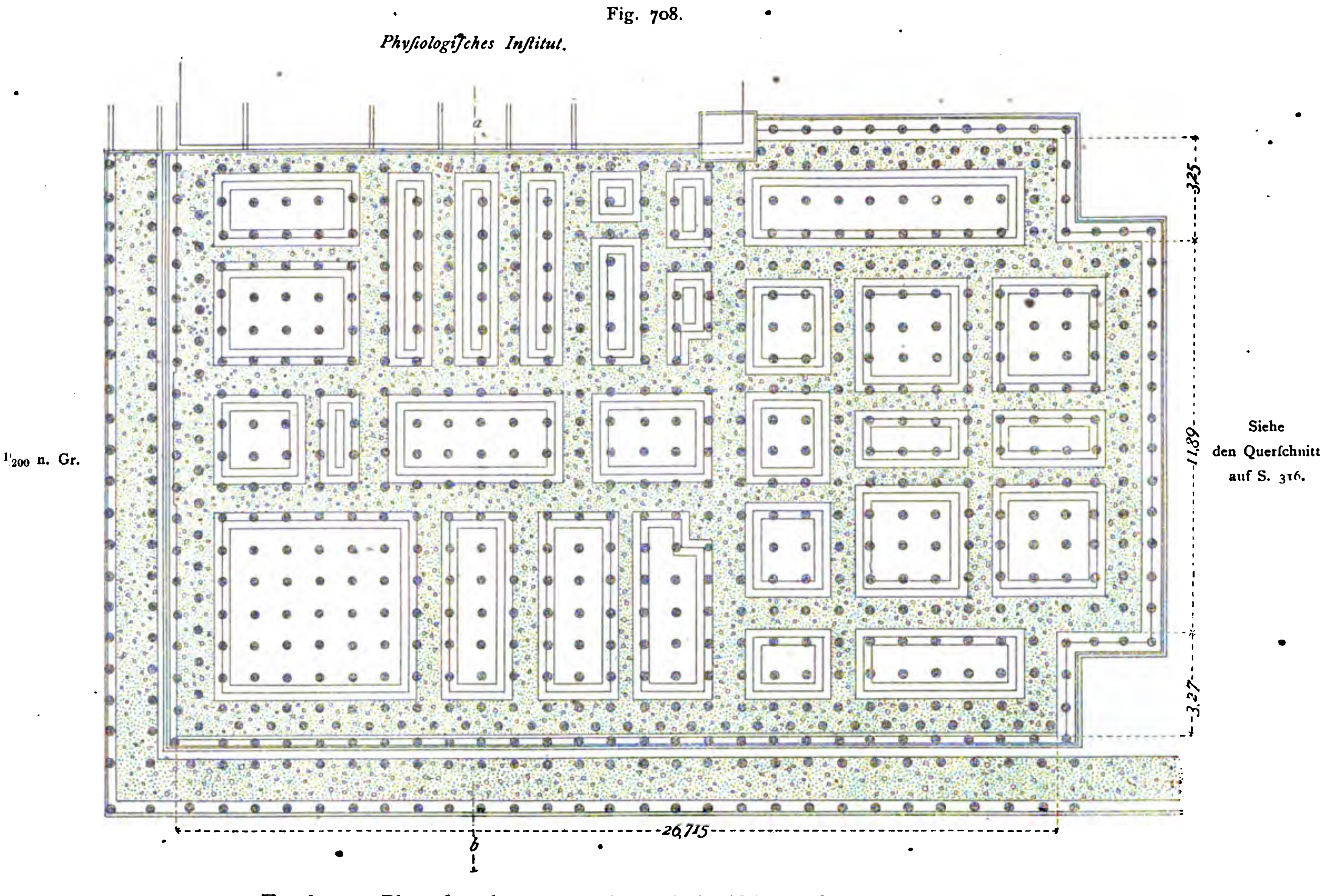
206) Siehe Gleichung 43. (S. 266) ebendaſ.

207) Siehe Tabelle auf S. 247 ebendaſ.

208) Siehe Art. 326 (S. 287) u. 329 (S. 289) ebendaſ.

209) Siehe Gleichung 27. (S. 255) ebendaſ.

Fig. 708.



Fundament-Plan für das neue pharmakologische Institut in Berlin[210]).

449.
Durchgehende Beton-Decke.

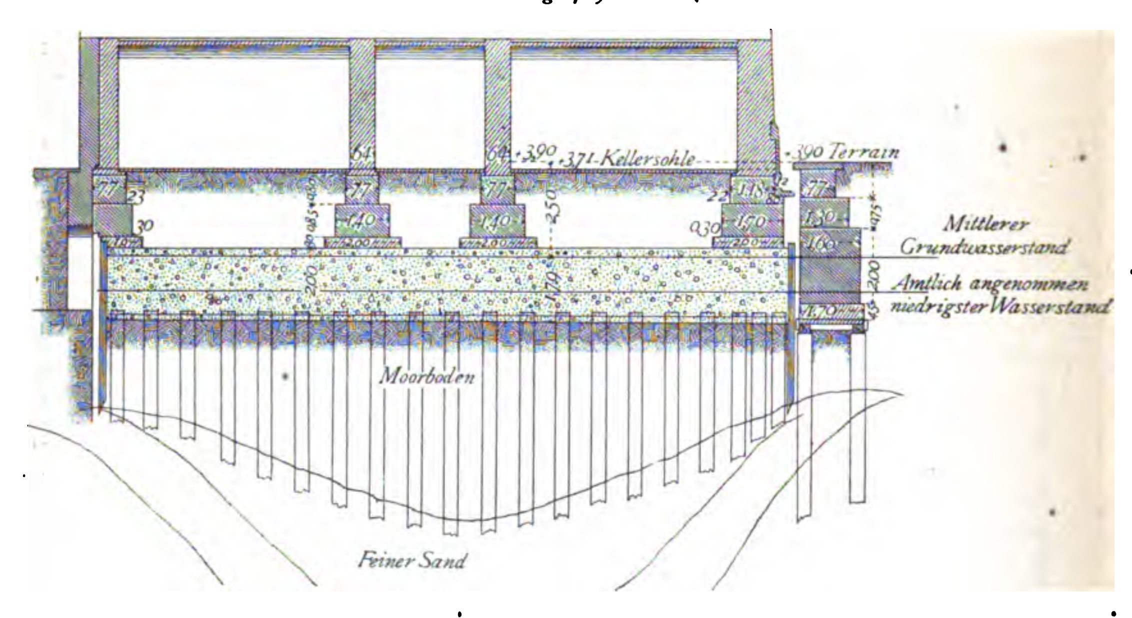
Auch die Durchführung einer unter dem ganzen Gebäude durchgehenden Beton-Platte (fiehe Art. 409, S. 287) ift auf den Beton-Pfahlroft übertragen worden. Es empfiehlt fich alsdann, unter denjenigen Partien der Betonirung, auf welche die Mauern oder andere ftark belaftete Objecte zu ftehen kommen, die Pfähle dichter zu ftellen, als in den übrigen Theilen.

Das neue pharmakologifche Inftitut in Berlin (Ecke der Dorotheen-Strafse und Schlachtgaffe) wurde im Jahre 1879 auf einen derartigen durchgehenden Beton-Pfahlroft geftellt (Fig. 708 u. 709 [210]).

Die Beton-Platte ift 2 m dick. Die Baugrube wurde, nachdem das Einrammen der Pfähle beendet war, zwifchen den letzteren ausgebaggert, die Pfähle unter Waffer, 90 cm unter dem niedrigften Wafferftande, abgefchnitten und dann der Beton eingebracht. Eine vergleichende Koftenberechnung fiel zu Gunften diefer Conftruction aus.

Die das Gebäude umgebende Futtermauer foll die vom Strafsenverkehre herrührenden Erfchütterungen fern halten; defshalb durfte ihr Fundament mit dem des Gebäudes in keinem Zufammenhange ftehen (fiehe die Fufsnote 146 auf S. 245). Diefe Mauer erhielt eine gewöhnliche Pfahlroft-Gründung; ein Beton-Pfahlroft wäre, der doppelten Spundwände wegen, erheblich theuerer zu ftehen gekommen.

Fig. 709.



Schnitt nach *a b* in Fig. 708 [210]). — 1/200 n. Gr.

450.
Sonftige Anordnungen.

3) Eine Vereinigung der beiden unter 1 und 2 vorgeführten Roft-Conftructionen kommt wohl auch zur Anwendung, wie dies aus Fig. 701 erfichtlich ift; indefs ift das Hinzufügen der Holzfchwellen zum Betonkörper nur dann gerechtfertigt, wenn der letztere nicht feft genug ift, um die erforderliche Längs- und Querverankerung der Pfähle hervorzubringen.

Eine eigenthümliche Art von Pfahlroft wandten fchon die Römer an. *Vitruv* fagt darüber: Es wurden zunächft angekohlte Spitzpfähle aus dem Holz des Erlen-, Eichen- oder Oelbaumes ziemlich dicht neben einander gefchlagen. Zwifchen den Pfahlköpfen wurde eine Schicht Holzkohle ausgebreitet, um die Confervirung der Pfähle zu fördern. Ueber den Pfahlköpfen wurde Mauerwerk aus Quadern mit möglichft langen Bindern hergeftellt etc.

[210]) Nach den von Herrn Reg.- u. Baurath *Zaftrau* freundlichft zur Verfügung geftellten Plänen.

451. **Anwendung.**

4) Betreff der Anwendung der Pfahlroſt-Fundamente ſind bereits in Art. 432 (S. 306) die beiden Hauptfälle hervorgehoben worden, in denen dieſe Gründungsweiſe beſonders in Frage kommt. Es iſt auch ſchon geſagt worden, daſs jene Anordnung den Vorzug verdient, wobei die Pfahlſpitzen auf oder in der tragfähigen Bodenſchicht ſtehen.

Unter den verſchiedenen Pfahlroſt-Conſtructionen iſt im Allgemeinen dem Beton-Pfahlroſt der Vorzug zu geben. Derſelbe geſtattet meiſt eine einfachere und raſchere Ausführung; ſeine Koſten ſind jedenfalls nicht höher, als die des gewöhnlichen Pfahlroſtes, und man vermeidet zwiſchen Pfählen und Mauerwerk eine Zwiſchen-Conſtruction, die aus ſo verſchiedenartigem Material und aus ſo vielen Theilen beſteht; Waſſerſchöpfen, welches nicht ſelten nachtheilig auf die Nachbargebäude wirkt, kann gänzlich vermieden werden. Die gewöhnliche Pfahlroſt-Conſtruction ſollte man nur dann dem Beton-Pfahlroſt vorziehen, wenn man eine Betonirung nicht leicht ausführen kann, oder wenn in ſehr lockerem Boden eine beſonders kräftige Verankerung der Roſtpfähle unter einander erforderlich wird.

Da jedoch der letztgedachte Fall im Hochbauweſen ſehr ſelten vorkommt, ſo läſſt ſich die Anwendung des Beton-Pfahlroſtes für Hochbauten ziemlich allgemein empfehlen. Es iſt zu bedauern, daſs ſich derſelbe im Hochbauweſen bis vor Kurzem faſt gar keinen Eingang verſchafft hatte, obwohl die bei Ingenieurbauten gemachten Erfahrungen darthun, daſs dies eine ſehr zweckmäſsige und zuverläſſige Gründungsmethode iſt[211]). Um ſo erfreulicher iſt es, daſs in der neueſten Zeit, wie die Beiſpiele in Art. 447 u. 449 zeigen, ausgiebigere Anwendung von dieſer Fundament-Conſtruction gemacht wird.

Es ſoll ſchlieſslich nicht unerwähnt bleiben, daſs Pfahlroſt-Gründungen ſtets koſtſpielige Fundirungsmethoden ſind. Sie kommen um ſo theuerer zu ſtehen, je länger die Roſtpfähle ſind. Man iſt in letzterer Beziehung bis zu 20 m und mehr Pfahllänge gegangen; indeſs ſollte man 12, höchſtens 15 m nicht leicht überſteigen; bei gröſserer Fundirungs-Tiefe kommt in vielen Fällen die Gründung mit anderweitigen verſenkten Fundamenten billiger zu ſtehen[212]). Die Pfahlroſt-Fundirung ſtellt ſich dagegen in jenen Fällen am billigſten heraus, wo über dem tief anſtehenden, tragfähigen Sandboden eine mächtige, weiche Alluvial-, Moor- oder Darg-Schicht lagert, wie dies z. B. in den deutſchen und holländiſchen Nordſee-Marſchen vorkommt.

Roſte mit eingerammten Pfählen dürfen nicht angewendet werden, wenn durch die beim Einrammen der Pfähle erzeugten Erſchütterungen nahe ſtehende Gebäude, unterirdiſche Rohrleitungen etc. Schaden leiden könnten, ein Fall, der in unſeren Städten nicht ſelten vorkommt.

Die Pfahlroſt-Gründung wird wohl auch mit anderen Fundirungsmethoden vereint angewendet. Fig. 667 (S. 283) zeigt eine Pfeilergründung mit Pfahlroſt; in dieſem Falle ſind die Mauern des betreffenden Speichers auf einzelnen Pfeilern fundirt; zwiſchen letzteren ſind Erdbogen eingeſchaltet; Mauern und Pfeiler ruhen auf einem Pfahlroſt.

---

211) Für Brückenpfeiler in gröſseren Waſſertiefen kommt der gewöhnliche Pfahlroſt nur mehr ſehr ſelten zur Anwendung. Mittels Beton-Pfahlroſt ſind in neueſter Zeit die Pfeiler ſehr groſser Strombrücken fundirt worden. Roſtpfähle mit Beton-Schichten von 6 bis 8 m Mächtigkeit haben ſich vorzüglich bewährt.

212) Nach einer von *Funk* gemachten Zuſammenſtellung, welche ſich auf ca. 50 neuere Brücken-Fundirungen erſtreckt, ergeben ſich die durchſchnittlichen Koſten von 1 cbm Brückenpfeiler bis zum Niederwaſſerſtand bei Gründung auf Beton-Pfahlroſt zu 97, bei Gründung auf Senkbrunnen zu 71 Mark. — Bei 19 Pfeilern, welche in neuerer Zeit für 6 ſächſiſche Elb-Brücken ausgeführt worden ſind, ſtellten ſich die Koſten des Pfeilermauerwerkes bis zur Waſſerhöhe

	bei Pfahlroſt-Gründung:	bei Senkbrunnen-Gründung:
für 1 cbm	zwiſchen 105 u. 197 Mark;	zwiſchen 82 u. 125 Mark;
» 1 qm Sohlenfläche	zwiſchen 327 u. 480 Mark;	zwiſchen 254 u. 859 Mark;
» 1 qm des reinen Mauerwerkes	zwiſchen 447 u. 685 Mark;	zwiſchen 308 u. 1002 Mark.

Literatur
über »Pfahl-Gründungen«.

Neue Art der Pfahlgründung und Verankerung. Civiling. 1855, S. 124.

VAN RONZELEN. Ueber die Anwendung von Schrägpfählen bei Fundamenten von Futtermauern. Zeitfchr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover 1858, S. 462.

Beobachtungen über Pfahlgründungen durch Einfchrauben. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1862, S. 162.

Fundirungen auf Pfahlroft nach Compreffion des Bodens. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. 1865, S. 276.

Eine Erfahrung bei Fundaments-Bauten in Treibfand. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1867, S. 41.

BÜCKING, H. Fundation einer Lokomotiv-Drehfcheibe auf dem Bahnhofe Bremen. Deutfche Bauz. 1878, S. 178.

Promenade pier, Aldborough, Suffolk. Engineer, Bd. 46, S. 182, 183.

Iron promenade pier, Skegness. Engineer, Bd. 49, S. 42, 44, 66, 72.

PFEIFER. Der Pfahlroft des Gerichtsgebäudes in Braunfchweig und das Einfpülen von Pfählen. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 467.

---

2. Kapitel.
Senkbrunnen-Gründung.

452. Ueberficht.

Die Gründung auf Senkbrunnen ift grundfätzlich nichts Anderes, als die Gründung auf einzelnen Fundament-Pfeilern, wie folche in den Art. 394 bis 399 (S. 277 bis 281) vorgeführt wurde. Auch hier werden Pfeiler auf die tragfähige Bodenfchicht gefetzt und im oberen Theile durch geeignete Conftructionen mit einander verbunden; auf der fo gebildeten Subftruction kann alsdann das Tagmauerwerk aufgeführt werden.

Der einzige Unterfchied zwifchen der Pfeiler- und Brunnengründung liegt in der Art und Weife der Pfeilerherftellung. Bei der früher befchriebenen Pfeilergründung muffte die nicht tragfähige Bodenfchicht abgegraben werden, und es wurde auf der Sohle der fo gebildeten Baugrube der Pfeiler maffiv aufgemauert. Im vorliegenden Falle jedoch find die Fundament-Pfeiler durch die lockere Bodenfchicht hinabzufenken und werden in Folge deffen zunächft hohl oder brunnenartig ausgeführt. Im Hohlraume des Pfeilers wird mittels Handarbeit oder mit Hilfe mechanifcher Vorrichtungen unter dem Brunnenmantel allmählich das lockere Bodenmaterial entfernt und auf diefe Weife der Brunnen zum Sinken gebracht. Ift die Senkung bis auf die erforderliche Tiefe vollzogen, fo wird der Brunnen mit geeignetem Material ausgefüllt und hierdurch in einen maffiven Fundamentpfeiler verwandelt.

Die innige Verwandtfchaft zwifchen der gewöhnlichen Pfeiler- und der Senkbrunnen-Gründung zeigt fich auch in der Thatfache, dafs nicht felten bei einem und demfelben Gebäude ein Theil der Fundament-Pfeiler innerhalb ausgefchachteter Baugruben maffiv aufgemauert, ein anderer aber brunnenartig verfenkt wird; in der Regel ift hierbei die Fundirungs-Tiefe und der geringere oder ftärkere Wafferandrang mafsgebend. — An der Bauftelle der neuen Locomotiv-Reparatur-Werkftätte auf dem Bahnhofe zu Genthin fand fich eine nach Süden ausgehende Torffchicht, welche an der nordöftlichften Ecke des Gebäudes am mächtigften war und dort 6 m Tiefe befafs; die Werkftätte wurde auf Pfeilern aufgeführt, welche durch Grundbogen verbunden waren; 16 Pfeiler konnten in gewöhnlicher Weife auf dem unter dem Torf anftehenden Sande hergeftellt werden; bei den übrigen 24 Pfeilern war die zu durchdringende Torffchicht zu mächtig und der Wafferzudrang zu ftark, fo dafs Brunnenpfeiler verfenkt wurden.

In Art. 397 (S. 280) wurde bereits gefagt, dafs unter gewöhnlichen Verhältniffen Senkbrunnen, die wohl auch Fundament-Brunnen, Senkfchächte, Brunnenpfeiler etc. genannt werden, bei etwa 5 bis 6 m Tiefe billiger, als gewöhnliche Fundament-Pfeiler zu ftehen kommen. Bei noch gröfserer Fundirungs-Tiefe verurfacht die Ausfchachtung, erforderlichen Falles auch die Zimmerung der Bau-

grube, fo wie die Wafferhaltung derfelben zu bedeutende Koften. Die Verhältniffe geftalten fich für die Brunnengründung noch günftiger, wenn der Wafferzudrang ein befonders ftarker oder die zu durchdringende, nicht tragfähige Bodenfchicht befonders locker ift, fo dafs die Baugruben-Zimmerung fehr kräftig ausgeführt werden müffte.

Die Fundirung auf Senkbrunnen tritt auch nicht felten an die Stelle der Pfahlroftgründung; es wird dies befonders dann gefchehen, wenn fehr leicht beweglicher Boden vorhanden ift, worin die Pfähle keinen genügend ficheren Halt bekommen. Allein auch in anderen Fällen wird man Senkbrunnen vorziehen, weil fie häufig billiger find, als Pfahlrofte (vergl. die Koftenangaben in der Fufsnote 212, S. 317), weil man unabhängig von der Höhenlage des Wafferfpiegels ift und weil fchädliche Erfchütterungen, die durch das Einrammen von Pfählen erzeugt werden, vermieden find.

Die Gründung auf Brunnenpfeilern ift feit vielen Jahrhunderten im Orient, insbefondere in Indien im Gebrauche. Ein arabifcher Schriftfteller, der Aegypten im Jahre 1161 durchreiste, befchreibt fchon diefe Fundirungsweife. Der Sand- und Thonboden Indiens ift fo beweglich, dafs Pfahlrofte ohne Wirkfamkeit find; auch ift die Ramme für Indien eine zu complicirte Mafchine. Dagegen ift die Brunnengründung für die dortigen Baugrundverhältniffe und die Materialien, die zur Verfügung ftehen, ganz geeignet. Dazu kommt eine Religion, welche die grofsen Ströme vergöttert, die Erbauung von Tempeln an ihren Ufern begünftigt, und deren Ceremonien zum Theil im Flufsbett felbft gehalten werden; man war daher genöthigt, ein Mittel zu finden, um auf beweglichem Boden fichere Fundamente zu errichten.

Die Hindus führen die Brunnengründungen ganz ähnlich aus, wie dies im Folgenden für unfere Fundirungen diefer Art noch befchrieben werden wird. Die Engländer haben das Gründungsverfahren der Indier beibehalten und bei den Eifenbahnbauten dafelbft vielfach in Anwendung gebracht[213]).

Nach *Gilly*'s Mittheilungen foll im Jahre 1798 in Berlin die erfte Brunnengründung, und zwar unabhängig vom indifchen Verfahren, zur Ausführung gekommen fein. Indefs fcheint es, dafs deren Anwendung erft feit dem Jahre 1846, feit beim Bau des Stationsgebäudes der Berlin-Hamburger Eifenbahn zu Berlin in gröfserem Mafsftabe Gebrauch davon gemacht wurde, eine allgemeinere geworden ift.

Die Fundament-Brunnen werden meiftens, insbefondere im Hochbauwefen, bis auf die tragfähige Bodenfchicht gefenkt; in fehr feltenen Fällen wird die Senkung blofs auf eine folche Tiefe bewirkt, dafs die Brunnenpfeiler im lockeren Boden nur vermöge der Reibung an den Aufsenwandungen die erforderliche Standfeftigkeit erhalten.

Will man im letzteren Falle die Tiefe, bis zu welcher die Senkung auszuführen ift, annähernd berechnen, fo hat man das Bodenmaterial als zerfliefsbare Maffe anzufehen und den Brunnenpfeiler als fchwimmenden Körper zu betrachten, aufserdem aber die Reibung zwifchen Erdreich und Mauerwerk in Rechnung zu ziehen[214]).

Wenn irgend thunlich, trachte man die Brunnenpfeiler auf tragfähigen Baugrund zu fetzen; es ift dies hier im Allgemeinen von noch gröfserer Wichtigkeit, als bei maffiv aufgeführten Fundament-Pfeilern, da eine Verbreiterung des Fundamentes, eine Abfteifung durch Erdbogen oder durch umgekehrte Gewölbe etc. ausgefchloffen ift.

a) Anordnung und Conftruction der Senkbrunnen.

453. Zahl und Vertheilung.

Die Zahl und Vertheilung der Senkbrunnen, auf welche ein Gebäude zu fundiren ift, hängt vom Querfchnitt derfelben und von der Grundrifsanordnung des betreffenden Bauwerkes ab. Man legt zunächft an jede Mauerecke, an jede Mauerdurchkreuzung und an jede fonftige Stelle, wo eine Mauer gegen die andere ftöfst, einen Brunnen; alsdann werden auf Grundlage der Fenfter- und Thüreintheilung

213) Vergl.: Gefchichtliche Notiz über Fundirungen auf Röhren. Notizbl. d. Allg. Bauz. 1860, S. 450.

214) Siehe hierüber auch Art. 360 (S. 249).

Fig. 710. Anficht.

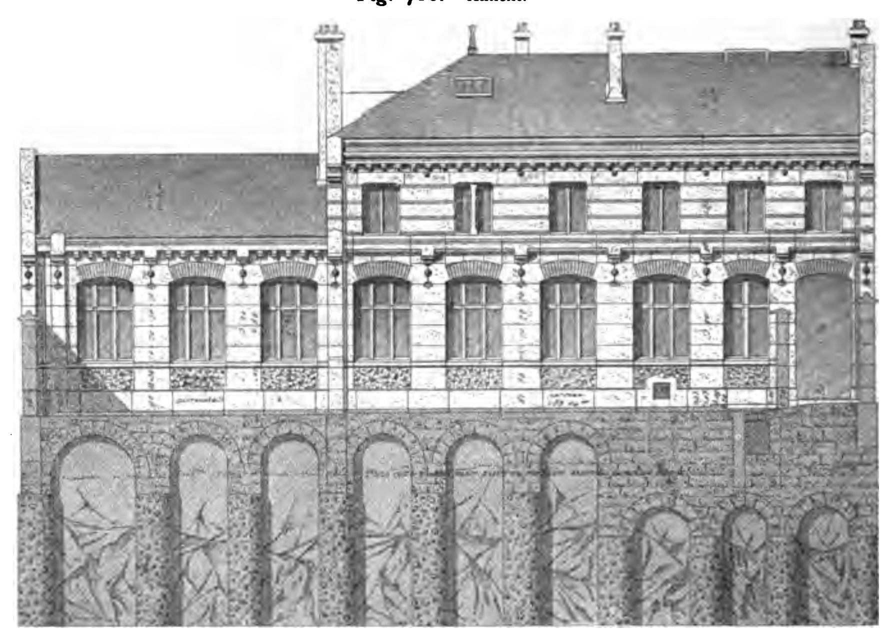
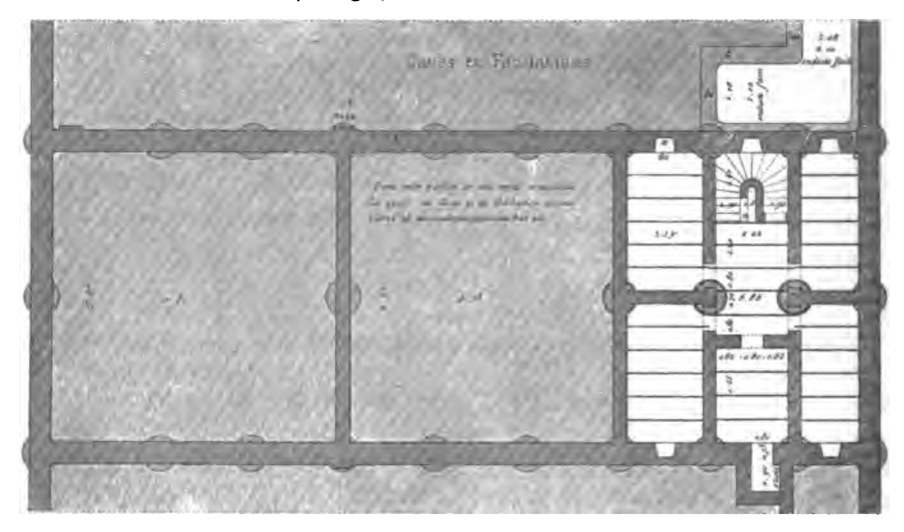


Fig. 711. Fundament-Plan.



Schulhäufergruppe für Knaben in Paris, *rue Baudricourt*[215]). — $^{1}/_{250}$ n. Gr.

weitere Zwifchenbrunnen eingefchaltet, wobei namentlich darauf zu fehen ift, dafs die Hauptfenfterfchäfte, fo wie Conftructionstheile, die eine befonders ftarke Belaftung erfahren, auf einen Brunnen zu ftehen kommen.

Fig. 710 u. 711 zeigen die Anordnung von Brunnenpfeilern für einen regelmäfsig geftalteten Grundrifs; in Fig. 713 ift der Fundament-Plan eines auf unregelmäfsig geformter Baufläche ausgeführten Doppelhaufes dargeftellt.

454.
Querfchnitt.

In gleicher Weife, wie gewöhnliche Fundament-Pfeiler, müffen auch die Brunnenpfeiler einen fo grofsen wagrechten Querfchnitt erhalten, dafs fie den vom darauf

215) Facf.-Repr. nach: *Moniteur des arch.* 1875, Pl. 21.

ruhenden Baukörper ausgeübten Druck aufzunehmen und auf den Baugrund in geeigneter Weiſe zu übertragen im Stande ſind. Unter gewöhnlichen Verhältniſſen ergiebt ſich die Entfernung der Brunnen (von Mitte zu Mitte) mit 3 bis 4 m, ihr äuſserer Durchmeſſer mit 1,6 bis 2,0 m; nur bei ſehr ungünſtigen Druck- und Baugrundverhältniſſen wird der Abſtand zweier Brunnen kleiner als 3 m und der Durchmeſſer derſelben gröſser als 2,25 m genommen. Stehen die Brunnen ſehr nahe an einander und iſt die Fundirungs-Tiefe keine groſse, ſo wendet man wohl auch nur Brunnen von 1,5 m oder noch kleinerem Durchmeſſer an.

Fig. 712. Hauptgeſchoſs.

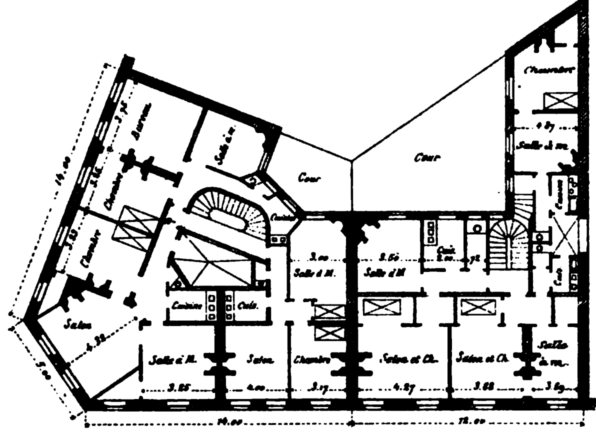
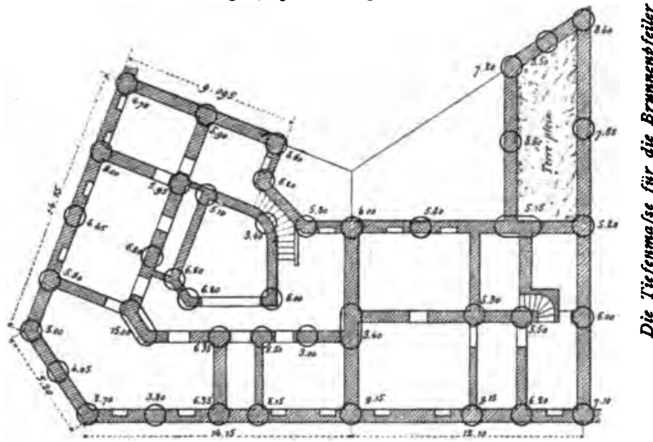


Fig. 713. Kellergeſchoſs.



Wohn- und Geſchäftshäuſer in Paris, *rue Rochechouart*[216]).

1/500 n. Gr.

Mit den Querſchnittsabmeſſungen der Brunnenpfeiler unter ein gewiſſes kleinſtes Maſs herabzugehen, iſt nicht ſtatthaft, weil einerſeits die Dicke des auf die Brunnen zu ſetzenden Mauerwerkes in dieſer Beziehung eine Grenze ſetzt; andererſeits muſs der lichte Durchmeſſer des Brunnens ſo groſs ſein, daſs die zu deſſen Senkung erforderlichen Handhabungen im Hohlraum deſſelben vorgenommen werden können. Sollen die letzteren durch Menſchenhand bewirkt werden, ſo iſt ein lichter Durchmeſſer von mindeſtens 0,9 bis 1,0 m erforderlich.

455.
Eckbrunnen.

An die Ecken der Gebäude legt man häufig etwas ſtärkere Brunnenpfeiler. Wenn jedoch die Gebäudeecken beſonders gefährdet ſind, wenn die unter dieſelben geſetzten Brunnen von den Gurtbogen, welche ſie mit den benachbarten Brunnen verbinden, oder von Gewölb-Conſtructionen über den Fundamenten einen ſehr ſtarken Seitenſchub erfahren, und wenn der mit den Brunnen durchfahrene Boden leicht zur Seite ausweicht, ſo werden die Eckbrunnen noch durch Hilfsbrunnen abgeſteift. Man ordnet entweder in der Verlängerung beider die Ecke *E* (Fig. 714) bildenden Mauern je einen ſolchen Hilfsbrunnen *A*, *B* an, oder man ſenkt in der Halbirungslinie des Winkels, den die beiden Mauern bei *E* (Fig. 715) bilden, einen einzigen Hilfsbrunnen *C* ab. Von dieſen Hilfsbrunnen werden alsdann Strebebogen gegen den abzuſteifenden Eckbrunnen *E* gelegt. Wenn erforderlich, werden auch eiſerne Anker im oberen Theile der Brunnen oder zwiſchen den Gurtbogen eingezogen.

456.
Grundriſs.

Man giebt bei Hochbauten den Senkbrunnen in der Regel einen kreisförmigen Querſchnitt; es iſt dies mit Rückſicht auf die Senkung und den während derſelben

[216]) Facſ.-Repr. nach: *Nouv. annales de la conſt.* 1871, Pl. 39.

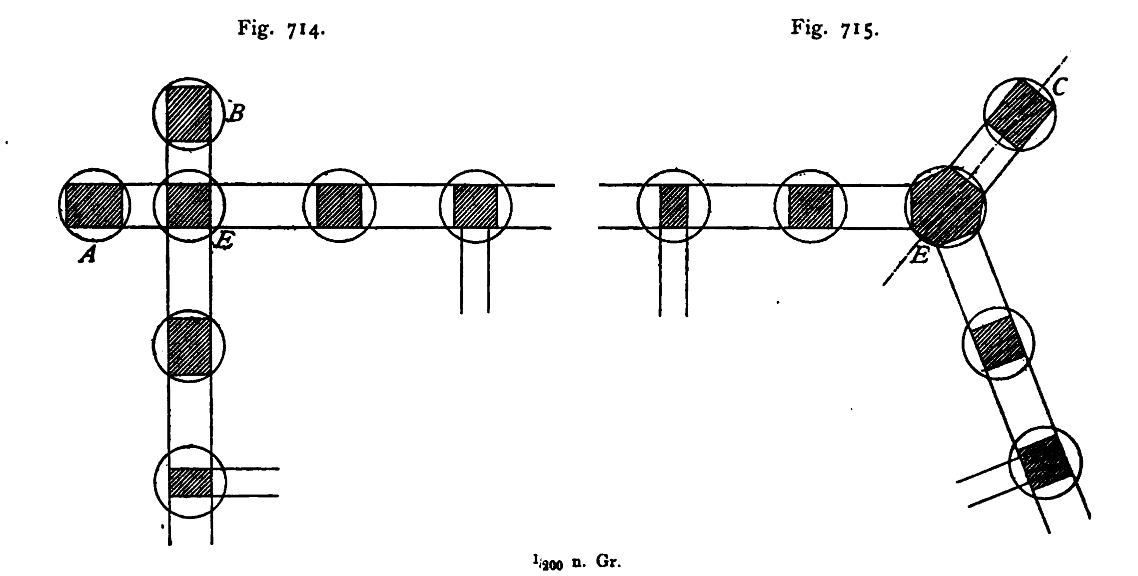


Fig. 714. Fig. 715.

1/200 n. Gr.

auf den Brunnen einwirkenden Erddruck die vortheilhaftefte Grundrifsform. Indefs ift nicht ausgefchloffen, dafs man auch quadratifch, rechteckig, oval (vergl. Fig. 713) oder anderweitig geftaltete Senkbrunnen, fobald dies die örtlichen Verhältniffe wünfchenswerth erfcheinen laffen, zur Ausführung bringt.

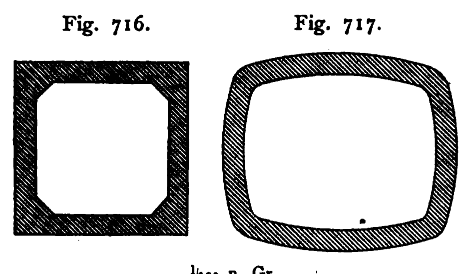


Fig. 716. Fig. 717.

1/100 n. Gr.

Wenn es fich um die Fundirung kleinerer Bauwerke, wie Gedächtnifsfäulen, fonftiger Denkmäler etc. handelt, wird in der Regel nur ein einziger Brunnen angewendet, der alsdann auch gröfsere Querfchnitts-Abmeffungen erhält. Man hat Brunnen von 4 bis 6 m und darüber Durchmeffer gefenkt; die Grundrifsgeftalt folcher Brunnen hängt felbftredend von der Grundform des betreffenden Bauwerkes ab.

Bei rechteckig geftalteten Brunnen empfiehlt es fich, die Ecken befonders feft zu conftruiren, da fie beim Senken am meiften leiden. Ein guter Verband und eine fchräge Ausmauerung nach Art der Fig. 716 entfpricht dem beabfichtigten Zwecke.

Hat ein gröfserer rechteckiger Brunnen eine geringe Mantelftärke und ift ftärkerer Erddruck, bezw. Wafferdruck zu erwarten, fo kann man auch nach Art der Fig. 717 die Brunnenwandungen nach aufsen zu convex geftalten und die Ecken entfprechend abrunden.

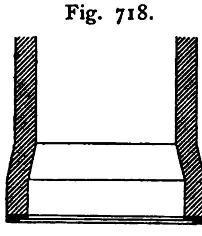


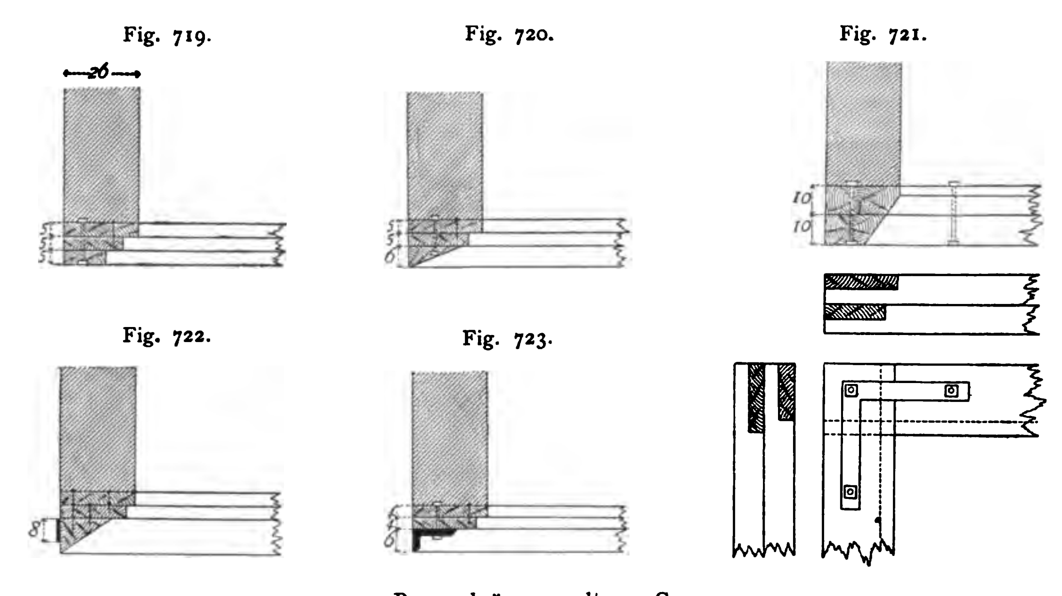
Fig. 718.

1/100 n. Gr.

Um beim Senken der Brunnen die Reibung im Erdreich zu vermindern, ift zu empfehlen, den Durchmeffer der Brunnen nach oben zu etwas abnehmen zu laffen. Es gefchieht dies dadurch, dafs man entweder in einer Höhe von 0,5 bis 1,0 m über dem Brunnenkranz den Brunnenkörper etwas einzieht (nach Art von Fig. 718), oder dafs man die Brunnen in ihrer ganzen Höhe fchwach conifch (Verjüngungsverhältnifs im Mittel 1 : 25) geftaltet.

457.
Brunnenkranz.

Das Brunnenmauerwerk wird auf den fog. Brunnenkranz oder Schling aufgefetzt; derfelbe bildet eine Art liegenden Roftes, welcher zugleich den Zweck zu erfüllen hat, dem Mauerwerk während des Senkens einen feften Zufammenhang zu



Brunnenkränze. — 1/25 n. Gr.

geben. Damit beim Senken der Schling leicht in den Boden eindringe, erhält er einen keilförmigen Querfchnitt (Fig. 719 u. 721); foll das Eindringen deffelben befonders erleichtert werden, fo wird feine Unterkante als Schneide (Fig. 720 u. 722) ausgebildet.

Als Material für die Brunnenkränze wird der Hauptfache nach Holz verwendet; bisweilen tritt eine Eifenverftärkung hinzu. Ganz aus Eifen hergeftellte Schlinge kommen im Hochbauwefen kaum zur Anwendung.

Die Brunnenkränze beftehen meift aus 2 bis 3 Lagen 4 bis 5 cm ftarker Bohlen, die mit einander verbolzt und vernagelt werden. Um ein keilförmiges Profil zu erzielen, nehmen die Bohlenlagen nach unten an Breite ab (Fig. 719 u. 720); bisweilen ift die unterfte Lage dreikantig zugefchnitten (Fig. 720). Die Stöfse der einzelnen Bohlenftücke find in den zwei oder drei Lagen gegen einander verfetzt, fo dafs in eine lothrechte Ebene nur eine Stofsfuge zu liegen kommt (Fig. 724 u. 725). Die unterfte, kantig zugefchnittene Bohlenlage erfährt beim Senken den ftärkften Angriff; fie wird defshalb in manchen Fällen, namentlich wenn man befürchtet, dafs man auf fteinigen Boden ftofsen wird, mit einem eifernen Reifen zufammengehalten und verftärkt (Fig. 722); man hat fie wohl auch durch ein entfprechend gekrümmtes Winkeleifen (am beften ungleichfchenklich mit 40 × 80 oder 50 × 75 mm Schenkellängen) erfetzt (Fig. 723).

Fig. 724. Fig. 725.

Brunnenkranz. — 1/50 n. Gr.

Seltener werden Brunnenkränze aus 2 Lagen ftärkerer Verbandhölzer (8 bis 10 cm dick) zufammengefetzt (Fig. 721).

458.
Brunnenmantel.

Für den Brunnenmantel bilden gute und fcharf gebrannte Klinker, fo wie guter Cementmörtel die geeignetften Materialien. Trafsmörtel im vorliegenden Falle zu verwenden, ift nicht zu empfehlen, da derfelbe zu langfam erhärtet. Für die

im Hochbauwefen üblichen Brunnendurchmeffer genügt eine Wanddicke von 1 Stein; nur bei ungewöhnlichen Abmeffungen und bei fehr ungünftigen Bodenverhältniffen wendet man gröfsere Stärken an.

Das Füllmauerwerk der Brunnen, bezw. der diefelben ausfüllende Beton kommt nur um Weniges billiger zu ftehen, als das Mantelmauerwerk; weiters finkt ein Brunnen von gröfserer Wandftärke beffer, als einer von geringerer. Defshalb follte man in der Bemeffung der fraglichen Manteldicke nicht zu fparfam fein; mafsgebend ift in diefer Beziehung nur noch, dafs man den Innenraum des Brunnens mit Rückficht auf die darin vorzunehmenden Arbeiten nicht zu fehr einengen darf. (Siehe hierüber auch Art. 454, S. 321.)

Anftatt der Ziegel kann man auch Haufteine, befonders in den höheren Schichten, verwenden. Auch Beton-Brunnen find wiederholt ausgeführt worden, fo z. B. bei den in Fig. 712 u. 713 dargeftellten Wohn- und Gefchäftshäufern in Paris.

Fig. 726.

Brunnen-Verankerung.
1/100 n. Gr.

Die Aufsenflächen des Brunnenmauerwerkes müffen thunlichft glatt geputzt werden, damit die Reibung im Erdreich möglichft gering wird. Grofse Brunnen werden aus gleichem Grunde mit einem Blechmantel umgeben. Glaubt man beim Senken auf Schwierigkeiten zu ftofsen, fo kann man, vom Schling ausgehend, Streichbretter anbringen, zwifchen denen der Brunnen ausgeführt wird. Oder man verftärkt den Brunnenkranz durch einen 1 bis 2 m hohen, fafsartigen Auffatz aus lothrechten Brettern, die durch Eifenringe und Nagelung mit einander verbunden find.

459. Verankerung.

Haben die vorher vorgenommenen Bodenunterfuchungen ergeben, dafs man nicht mit genügender Sicherheit auf ein vollftändig gleichförmiges Sinken des Brunnens zählen darf, fo mufs man denfelben durch Verankerung gegen das Zerreifsen fchützen. Zu diefem Zwecke läfft man vom Brunnenkranz aus fefte, lange Eifenanker durchgehen und verlegt in angemeffener Höhe einen zweiten, jedoch fchwächeren Kranz, über welchem die Ankerbolzen verfchraubt werden; ftatt des zweiten Kranzes können auch gröfsere eiferne Scheiben verlegt werden. In gleicher Weife kann die Verankerung noch weiter nach oben fortgefetzt werden (Fig. 726).

460. Ausfüllung.

Für die Ausfüllung der in entfprechende Tiefe abgefenkten Brunnen kann jedes gute Steinmaterial und jeder gute hydraulifche Mörtel, namentlich auch Trafsmörtel, mit Vortheil benutzt werden.

Die unterfte Füllfchicht befteht in der Regel aus Beton; diefelbe hat den Zweck, dem Auftrieb des Waffers entgegenzuwirken und das Ausfchöpfen des Brunnen-Innenraumes zu ermöglichen. Die geringfte Mächtigkeit diefer Beton-Schicht läfft fich auf die in Art. 366 (S. 257) u. 408 (S. 286) angegebene Weife ermitteln. Kann der Beton 15 bis 20 Tage ftehen bleiben, fo kann zu feiner Bereitung Trafsmörtel verwendet werden; fonft benutze man rafch erhärtenden Cementmörtel.

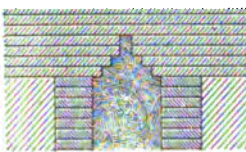
Ueber der fo gebildeten Sohlfchicht befteht die Ausfüllung aus Bruchftein- oder Ziegelmauerwerk oder auch aus Beton. Eine Ausmauerung erfordert unter allen Umftänden, dafs der Brunnen-Innenraum wafferfrei gemacht werde; bei einer Ausbetonirung ift dies nicht unbedingt nothwendig (vergl. das in Art. 410, S. 291 über die Herftellung von Beton-Fundamenten Gefagte). Ob man das eine oder das andere Material wählen foll, ift lediglich eine Koftenfrage. Im Allgemeinen und unter gewöhnlichen Verhältniffen ift zwar der Beton theuerer, als Mauerwerk; allein

letzteres kommt im vorliegenden Falle höher zu ſtehen, da das Mauern und das Hinabſchaffen der Materialien in dem engen Brunnen-Innenraume koſtſpielig wird.

461.
Grundbogen.

Die Vereinigung der Brunnenpfeiler durch Grundbogen geſchieht in gleicher Weiſe, wie bei gewöhnlichen Fundament-Pfeilern (vergl. Art. 394, S. 277). Im vorliegenden Falle werden faſt ausſchlieſslich halbkreisförmige Gurtbogen zur Ausführung gebracht, da die erforderliche Conſtructionshöhe wohl ſtets vorhanden iſt und weil derlei Bogen einen geringen Horizontalſchub ausüben. Um für die etwa 2 Stein ſtarken Grundbogen ein geſichertes Widerlager zu haben, wird es bisweilen nothwendig, die kreisrunde Grundriſsform in die quadratiſche zu überführen; es geſchieht dies durch Auskragung der oberen Steinſcharen nach Art der Fig. 728.

Fig. 727.



1/25 n. Gr.

Fig. 728.

1/100 n. Gr.

Stehen die Brunnen ſehr nahe an einander, ſo kann man ſtatt der Grundbogen Steinplatten anwenden, die von Brunnen zu Brunnen gelegt werden; auch kann man durch entſprechende Auskragung einiger Steinſcharen eine derartige Conſtruction ermöglichen (Fig. 727).

b) Ausführung der Brunnenpfeiler.

462.
Anfangs-arbeiten.

Soll ein Brunnenpfeiler geſenkt werden, ſo beginnt man in der Regel damit, die lockere Bodenſchicht ſo tief abzugraben, als ſich dies mit Rückſicht auf die Koſten empfiehlt. Keinesfalls wird man mit dieſer Ausſchachtung unter den Grundwaſſerſpiegel gehen; ſonſt wird für die Tiefe der Baugrube namentlich die Beſchaffenheit der zu Tage liegenden Bodenſchicht maſsgebend ſein. Iſt die letztere ſehr locker, ſo müſſen die Wandungen der Baugrube ſehr flach gehalten oder abgezimmert werden; beides erhöht die Herſtellungskoſten. Die Sohle der Baugrube wird unter allen Umſtänden wagrecht abgeebnet.

In Folge örtlicher Verhältniſſe kann man veranlaſſt werden, von der Herſtellung einer Baugrube ganz abzuſehen und mit der Senkarbeit unmittelbar an der Erdoberfläche zu beginnen. Hat die Bauſtelle eine geneigte Lage, ſo gräbt man den Boden entweder ſo weit ab, bis man eine wagrechte Fläche von genügender Ausdehnung hat, oder man ſchüttet ſo viel Material auf, bis man ein gleiches Ergebniſs erzielt hat.

Iſt die Bauſtelle in entſprechender Weiſe vorbereitet, ſo wird der Brunnenkranz verlegt und die Mauerung des Brunnenmantels auf ſolche Höhe vorgenommen, als dies einerſeits noch bequem genug und ohne koſtſpielige Gerüſte geſchehen kann und andererſeits das für das Senken erforderliche Gewicht es wünſchenswerth erſcheinen läſſt.

463.
Senkung.

Nunmehr kann die eigentliche Senkarbeit beginnen. Dieſelbe beſteht darin, daſs man im Innenraum des Brunnens das Bodenmaterial trichterförmig ausgräbt, bezw. in anderer Weiſe löst, und daſs durch die Laſt des Brunnens dasjenige Erdreich in die hergeſtellte Grube nachfällt, auf dem der Brunnenmantel ſteht; hierbei wird die Brunnenmauerung oben im gleichen Maſse erhöht, als der Brunnen in den

Boden einſinkt. Je gleichmäſsiger der Boden gelöst wird, deſto gleichförmiger ſinkt der Brunnen. Man vermeide, ſo weit als irgend möglich, ein plötzliches oder ſtoſsweiſes Sinken, weil dies ein Reiſsen des Brunnenmauerwerkes, ein Schiefſtellen des Brunnens und ſonſtige Miſsſtände herbeiführen kann. In Folge deſſen wird es ſich empfehlen, die Löſung des Bodens mit groſser Vorſicht vorzunehmen und nicht zu groſse Maſſen deſſelben auf einmal hervorzuholen.

Tritt ungeachtet aller Vorſicht ein Schiefſtellen des Brunnens ein, ſo muſs ſchleunigſt an der der gröſseren Senkung entgegengeſetzten Seite das Bodenmaterial entfernt werden, damit der Brunnen an dieſer Stelle nachſinkt und ſich wieder gerade richtet.

464.
Belaſtung.

Anfangs ſinkt der Brunnen nur in Folge ſeines Eigengewichtes ein. Indeſs erreicht man bald einen Zuſtand, wobei der Brunnen nicht mehr ſinkt, obwohl die Löſung und Beſeitigung des Bodens in genügender Weiſe vorgeſchritten iſt. Es entſtehen hohle Räume unter dem Brunnenkranz, und man darf die Löſearbeit nicht weiter fortſetzen, weil ſonſt ein plötzliches Sinken oder gar ein Abreiſsen des Brunnenmauerwerkes eintreten könnte.

Das weitere Sinken des Brunnens muſs durch künſtliche Belaſtung deſſelben geſchehen. Man bringt auf das Brunnenmauerwerk oder auf quer darüber gelegte Bohlen ſchwere Gegenſtände, wie groſse Steine, Eiſenſchienen, Bleibarren, wohl auch Backſteine, die ſpäter vermauert werden ſollen, oder Tonnen, in die man das gelöste Bodenmaterial ſchüttet, Arbeitsgerüſte etc.

465.
Löſung des Bodens.

Die Löſung des Bodens kann entweder durch Ausgrabung deſſelben im Trockenen oder unter Waſſer geſchehen. Im erſteren Falle wird die Grabearbeit durch Menſchenhand unter ſteter Waſſerhaltung vorgenommen; im letzteren Falle ſind mechaniſche Vorrichtungen für die Löſearbeit erforderlich, die meiſt gleichfalls durch Menſchen gehandhabt werden, für welche aber auch andere Motoren Verwendung finden können.

466.
Handarbeit.

Das unmittelbare Ausgraben des Bodens durch Arbeiter im waſſerfrei gehaltenen Brunnen-Innenraume iſt im Allgemeinen jeder anderen Senkmethode vorzuziehen, da man den Verlauf der Senkarbeit, die Beſchaffenheit des zu löſenden Bodens etc. ſcharf überwachen kann. Die Emporſchaffung des ausgegrabenen Erdreiches geſchieht entweder durch Schaufelwurf, bei gröſserer Tiefe mit Hilfe von Zwiſchengerüſten, oder durch Eimer, die mittels Winden auf- und abgewunden werden.

Der Hauptnachtheil dieſes Verfahrens iſt in den bedeutenden Koſten der Waſſerhaltung zu ſuchen; bei ſehr loſem Boden, bei ſtarkem Waſſerzudrang kann dieſelbe entweder gar nicht oder nur mit vielen Schwierigkeiten durchführbar ſein. Bei groſser Waſſertiefe iſt auch ein Eindrücken des Brunnenmauerwerkes durch den äuſseren Waſſerdruck zu befürchten. Häufig tritt in Folge deſſen an die Stelle unmittelbarer Ausgrabung des Bodens die Löſung mittels beſonderer Grabevorrichtungen (Excavations-Apparate) ohne Waſſerhaltung. Nachſtehend ſollen die wichtigeren derſelben namhaft gemacht werden.

Es iſt wohl auch verſucht worden, die Löſung des Bodens unter Waſſer durch Taucher bewirken zu laſſen; die Ergebniſſe dieſes Verfahrens waren indeſs nicht ſo günſtig, daſs es eine weitere Verbreitung gefunden hätte. Nur zum Beſeitigen einzelner Hinderniſſe, für gewiſſe unter Waſſer vorzunehmende Nebenarbeiten etc. werden Taucher verwendet.

In Indien bedient man ſich von Alters her bei Grundbauten eines Werkzeuges, das eine Schaufel mit kurzem Stiel bildet und *Tham* genannt wird. Ein Taucher ſteigt mit dieſer Schaufel in den Brunnen

hinab, lockert auf der Sohle deſſelben den Boden mittels ſeines Werkzeuges auf, füllt es mit dem gelösten Material und läſſt ſich mit der gefüllten Schaufel emporziehen. Derlei Taucher ſind ſehr geſchickt und können etwa 1 Minute unter Waſſer bleiben.

467.
Baggerarbeit.

1) **Bagger** ſind diejenigen Grabevorrichtungen, die im Hochbauweſen bislang am meiſten zur Anwendung gekommen ſind. Insbeſondere ſind es die durch Arbeiter zu handhabenden **Stielbagger**, welche den anderen Vorrichtungen vorgezogen werden. Bei dieſen iſt das Baggergefäſs an einem langen Stiele befeſtigt, der weit genug nach oben reicht, um ihn dort handhaben zu können.

Für ſandigen und für ſchlammigen Boden eignet ſich der **Sackbagger** oder **Sackbohrer** am beſten (Fig. 729 u. 730).

Bei dieſem beſteht das Baggergefäſs aus einem Sack *J* von Leder oder Leinen, der an einem Bügel *b b* befeſtigt iſt, deſſen äuſserer Rand als Schneide ausgebildet iſt. Bügel und Sack ſind am unteren Theile des Baggerſtieles *s t* angebracht; letzterer läuft daſelbſt in einen vortretenden eiſernen Dorn *s* aus, der von oben in den Boden gedrückt wird und den Stützpunkt bildet, um welchen Bügel und Sack gedreht werden. Zu dieſem Zwecke iſt am oberen Ende des Stieles ein zweiarmiger, etwa 90 cm langer Hebel *h* angebracht, den man mit der Hand (im Sinne der Bügelſchneide) drehen kann. Bei dieſer Drehung löst die ſchneidige Kante des Bügels eine Partie des Bodenmaterials, welche in den Sack fällt. Um den gefüllten, etwa 0,03 cbm faſſenden Sack heben zu können, iſt am Bügel oder am unteren Theil des Stieles ein Seil *a* befeſtigt, welches über eine Rolle läuft und meiſt auf eine Welle aufgewunden wird (vergl. Fig. 730). Die Arbeiter, welche den Sackbohrer handhaben, ſtehen auf einem leichten Gerüſte, welches auf dem Brunnenmantel aufruht.

Bei Senkbrunnen von gröſserer Weite hat man dem Sackbagger mitunter eine etwas andere Einrichtung gegeben, die unter dem Namen **Drehbagger** bekannt geworden iſt. Sack und Bügel werden dabei

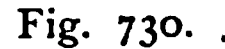
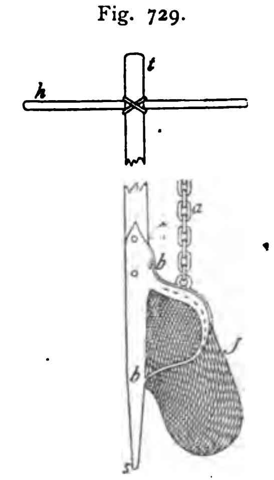
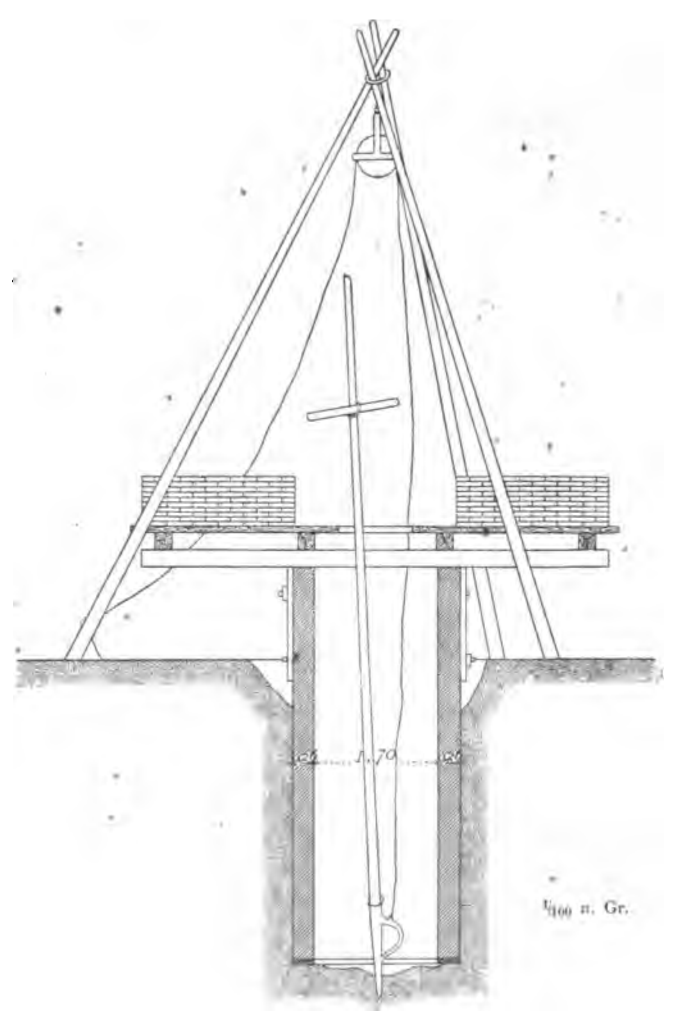


Fig. 729.



Sackbohrer.

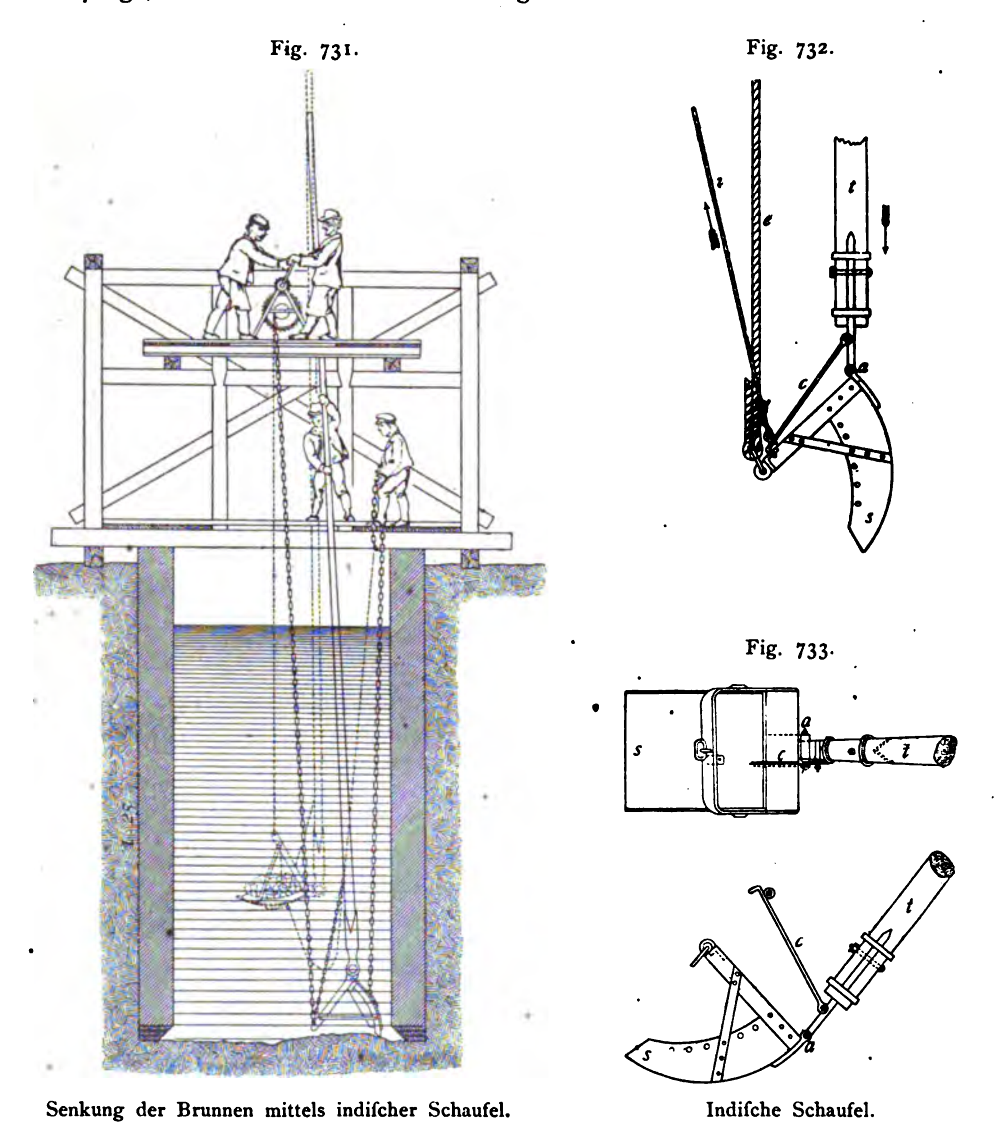
Fig. 730.



Senkung der Brunnen mittels Sackbohrer.

mit Kette und Winde quer durch den Brunnen gezogen, während man den Stiel durch ein Tau gegen das Hinaufdringen fichert[217]).

In fchwereren Bodenarten und bei gröfserer Tiefe reicht der Sackbohrer nicht mehr aus. In folchen Fällen erweist fich die indifche Schaufel als eine eben fo zweckmäfsige, wie einfache Grabevorrichtung.



Senkung der Brunnen mittels indifcher Schaufel. — Indifche Schaufel.

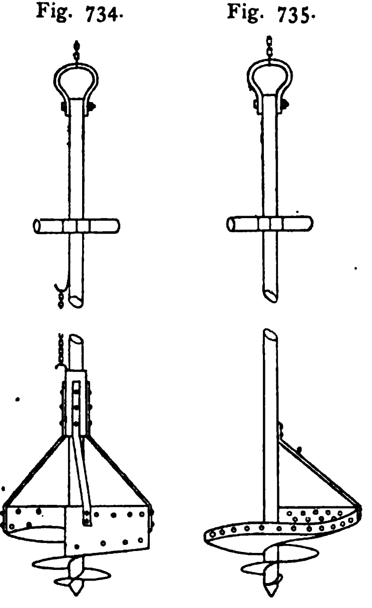
Das Baggergefäfs ift bei diefem Apparat als Schaufel ausgebildet; fie ift nach Fig. 731 bis 733 geftaltet, etwa 70 cm lang und 60 cm breit, aus Schmiedeeifen hergeftellt und mit einer fcharfen geftählten Schneide verfehen. Die Verbindung des Stieles *t* mit der Schaufel *s* ift mittels eines Gelenkes bei *a* bewirkt. Wenn die Schaufel hinabgelaffen wird, fo mufs fie lothrecht herabhängen und in diefer Lage feft geftellt fein; letzteres kann in verfchiedener Weife erzielt werden, in Fig. 732 z. B. durch die Strebe *c*. Die Fixirungsvorrichtung läfft fich von oben aus durch ein Tau *i* auslöfen; die Grabearbeit wird gleichfalls von oben durch ein zweites Tau *e* oder eine Kette vorgenommen, welche über eine Winde gelegt wird.

Die bis auf die Brunnenfohle hinabgelaffene Schaufel wird von 2 bis 3 Arbeitern mit Hilfe des Stieles in den Boden gedrückt; hierauf wird durch Anziehen des Seiles *i* die Feftftellvorrichtung *c* aus-

[217]) Näheres hierüber: Deutfche Bauz. 1874, S. 243.

gelöst. Während nun die Arbeiter den Stiel *t* noch niederhalten, wird das Tau *e* mittels der Winde angezogen, wobei die Schaufel allmählich in die wagrechte Lage (Fig. 733) übergeht, etwas vom Bodenmaterial loslöst und aufnimmt. Wird alsdann das Tau *e* vollends aufgewunden, fo kommt die Schaufel oben an und kann ausgeleert werden.

Die indifche Schaufel erfordert 6 bis 8 Arbeiter als Bedienungsmannfchaft.


Fig. 734. Fig. 735.

Schraubenbagger. — 1/20 n. Gr.

In fehr grobem Kies genügt die indifche Schaufel nicht mehr; beffer bewährt fich in einem folchen Falle der Schraubenbagger (Fig. 734 u. 735), der fich auch fo herftellen läfft, dafs man ihn für weichen Boden anwenden kann.

Der Schraubenbagger ift im unteren Theile wie ein fchmiedeeiferner Schraubenpfahl (vergl. Art. 430, S. 305) geftaltet. Soll weicher, fchlammiger Boden gelöst werden, fo wird über dem oberften Schraubengang eine Hülfe zur Aufnahme des gewonnenen Materials angeordnet (Fig. 734); bei kiefigem Boden krempt man einfach die Ränder der Schraube auf (Fig. 735).

Bei weiteren Brunnen kommen ftatt der Stielbagger wohl auch Baggervorrichtungen mit Bodenklappen zur Anwendung. Diefe beftehen aus einem trommelartigen Behälter, deffen Boden aus 4 bis 8 central angeordneten Klappen zufammengefetzt ift. Die lothrecht herabhängenden Bodenklappen wirken eben fo wie die indifche Schaufel; hat die Löfung einer Partie Bodenmaterial ftattgefunden, fo werden die Klappen angezogen und dadurch der Boden des Behälters gefchloffen; derfelbe wird in mehr oder weniger gefülltem Zuftande emporgezogen.

Hierher gehören der *Millroy*'fche Apparat, über den in: Deutfche Bauz. 1868 (S. 470) das Nähere entnommen werden kann; ferner der Excavator von *Bruce* und *Batho*, wovon in: *Revue ind.* 1876, (S. 109 u. 110) eine eingehende Befchreibung zu finden ift; weiters eine auf demfelben Princip conftruirte Grabevorrichtung, deren in: Deutfche Bauz. 1875 (S. 32) Erwähnung gefchieht.

Leichtere Dampfbagger werden für die Brunnenfenkung im Hochbauwefen nur felten angewendet.

468. Sandpumpen.

2) Sandpumpen, nach dem Princip der gewöhnlichen Kolbenpumpen eingerichtet und mit einem trommelartigen Behälter verfehen, der die gehobenen Bodenmaffen aufnimmt, eignen fich hauptfächlich für fandiges Bodenmaterial, welches in Begleitung von Waffer emporgefördert wird.

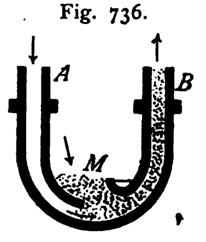
Eine eingehende Befchreibung der in Deutfchland üblichen Sandpumpe bringt: Deutfche Bauz. 1871 (S. 109). Die von *Reeve* conftruirte Sandpumpe ift in: *Engineer* 1877 (2. Sem., S. 99 u. 312) befchrieben.

469. Sonftige Grabevorrichtungen.

3) Bei Grabevorrichtungen, die nach dem Princip der Strahlpumpen oder Injectoren wirken, wird durch ein auf die Brunnenfohle reichendes Rohr Druckwaffer eingepreffst; diefes fteigt in einem zweiten Rohr empor, reifst dabei das Bodenmaterial mit fich und gelangt, mit demfelben vermengt, oben zum Ausfliefsen.

Die einfachfte der hier einfchlägigen Vorrichtungen ift diejenige von *Robertfon*, deren unterer Theil in Fig. 736 dargeftellt ift; *A* ift das Rohr, durch welches das Druckwaffer eingeführt wird; letzteres fteigt im Rohre *B* empor und reifst bei *M* das Bodenmaterial mit fich [218]).

Fig. 736.



Grabevorrichtung von *Robertfon*.

[218]) Näheres über diefe Vorrichtung: Deutfche Bauz. 1875, S. 31. — Andere Strahlpumpen find befchrieben in: Rziha, F. Eifenbahn-Unter- und Oberbau. 2. Band. Wien 1876. S. 38 — ferner in: Rigafche Ind.-Ztg. 1878, S. 237.

4) Von fonftigen Grabevorrichtungen find noch die nach Art der Centrifugalpumpen conftruirten und die fog. Heberapparate zu nennen. Letztere dürften zuerft von *Leslie* angewendet worden fein [219]).

Stöfst man bei den unter Waffer vorzunehmenden Senkarbeiten auf gröfsere Steine, Holzftücke oder ähnliche Hinderniffe, fo find diefe mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen, wie Teufelsklauen, Steinzangen (vergl. Art. 384, S. 270) etc. zu befeitigen. Gelingt dies nicht, fo mufs die Entfernung durch Taucher vorgenommen werden.

470. Gründung im offenen Waffer.

Ift eine Senkbrunnen-Gründung im offenen Waffer auszuführen, fo kann man fie ähnlich, wie auf dem feften Lande vornehmen, wenn man an der Bauftelle eine entfprechend grofse Infel fchüttet, die bis über den Wafferfpiegel reicht. Ift die Schüttung einer Infel, wegen zu grofser Waffertiefe oder aus anderen Gründen, nicht zuläffig, fo hängt man den Brunnenkranz mittels Ketten an einem feften Gerüft oder an feft verankerten Schiffen auf. Ift der Schling auf der Sohle des betreffenden Wafferlaufes angekommen, fo kann die Aufhängung unterbleiben.

Gegen vorhandene Strömungen find die Brunnenpfeiler durch Steinfchüttungen zu fichern.

471. Vollendung der Brunnen.

Ift das Brunnenmauerwerk bis auf die erforderliche Tiefe verfenkt, fo wird die fchon gedachte Sohlenfchicht aus Beton hergeftellt; diefelbe mufs ftets unter Waffer ausgeführt werden (vergl. Art. 410, S. 291). Wenn diefe Beton-Schicht vollftändig erhärtet ift, fo wird der Brunnen in der Regel ausgepumpt und mit Bruchfteinen oder guten Backfteinen ausgemauert, unter Umftänden ausbetonirt; die Betonirung kann erforderlichen Falles auch unter Waffer vorgenommen werden.

Man hat die wafferdichte Sohlenfchicht und die Ausfüllung des Brunnens auch noch in anderer Weife hergeftellt. Sobald der Schling auf der tragfähigen Bodenfchicht angekommen ift, wird ein kreisrunder, etwa 3 cm ftarker Boden, deffen Durchmeffer der lichten Brunnenweite entfpricht, in den Brunnen hinabgelaffen und mit einigen grofsen Steinen befchwert. Alsdann werden einige Karren Mauerfchutt und Mörtel in den Brunnen geworfen, wodurch alle Zwifchenräume ausgefüllt werden follen. Hierauf wird wieder eine Partie Steine hineingeworfen und wieder etwas Mörtel aufgebracht etc. Auf diefe Weife wird die Ausfüllung des Brunnens bis über den Grundwafferfpiegel fortgefetzt und dann erft mit der Ausmauerung begonnen.

Es ift wohl ohne Weiteres erfichtlich, dafs dies ein höchft unvollkommenes Verfahren ift, da von einer innigen Verbindung zwifchen Stein und Mörtel nicht die Rede fein kann.

Literatur
über »Senkbrunnen-Gründungen«.

Vorfchlag zu einer Gebäude-Gründung in befonders ungünftigem Boden. CRELLE's Journ. f. d. Bauk., Bd. 9, S. 203.

KÖPCKE. Pfeilerfundirung für Eifenbahnbrücken in Indien. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 272.

Fundirung mit Hilfe von Schächten. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 352.

Gründungen der Kunftbauten. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865, S. 278.

SONNE. Ueber Pfeilergründung durch Verfenken von Mauerwerk. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 174.

Maifon fondée fur 42 puits en beton, rue Rochechouart, à Paris. Nouv. annales de la conft. 1871, S. 76.

QUASSOWSKI. Ueber Fundirungen mit Senkbrunnen nebft Befchreibung einiger Fälle aus der Praxis. Zeitfchr. f. Bauw. 1874, S. 297.

HOFFMANN, C. H. Ueber Senkbrunnen und Gründungsarbeiten. Baugwks.-Zeitg. 1869, S. 74, 81.

219) Der *Leslie*'fche Heberapparat ift befchrieben in: Deutfche Bauz. 1873, S. 84.

3. Kapitel.

Senkröhren-Gründung.

472. Ueberficht.

Eben fo wie die Fundirung auf Senkbrunnen zu den Pfeilergründungen gehört, find auch die Senkröhren-Fundamente unter die Pfeiler-Fundamente einzureihen. Auch in diefem Falle ift es lediglich die Herftellungsweife der Röhrenpfeiler, wodurch fie fich von den Brunnenpfeilern und den maffiv aufgeführten Fundament-Pfeilern unterfcheiden.

Die Gründung auf Senkröhren oder Senkkaften ift mit der Brunnenfundirung in fo fern fehr nahe verwandt, als bei beiden die lockere, nicht tragfähige Bodenfchicht nicht abgegraben wird, fondern durch diefelbe hindurch ein hohler Cylinder hinabgefenkt wird. Bei den Senkbrunnen wird diefer Mantel gemauert oder aus Beton hergeftellt; im vorliegenden Falle find es hölzerne, feltener eiferne Röhren oder Kaften, welche abgefenkt und hierauf, ganz ähnlich wie die Senkbrunnen, mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt werden.

Die Verwandtfchaft zwifchen Röhren- und Brunnengründung macht es erklärlich, dafs bisweilen beide Fundirungsmethoden zugleich bei einer und derfelben Gebäudegruppe zur Anwendung kommen. Die Bauten, welche in Berlin in der Mitte der Sechzigerjahre an den *Werder*'fchen Mühlen ausgeführt worden find, ftehen auf einem Terrain, welches an der Schleufenfeite folgende Bodenfchichten zeigte: zunächft 3,15 m aufgefchütteter Boden, dann 2,50 m Torf, 1,60 m Schlick mit 65 cm ftarken Sandadern, 1,25 m Sand und dann guter Kies; nach der Mitte der Bauftelle zu fand fich erft in 15 m Tiefe ein ziemlich fchlechter Kiesboden. Von dem urfprünglich in Ausficht genommenen Pfahlroft muffte Abftand genommen werden, weil durch die Erfchütterungen der Ramme ein benachbartes, ohnehin fchon baufälliges Gebäude zu viel gelitten hätte. Zunächft entfchied man fich für die Brunnengründung und fenkte 1,88 m im Lichten weite Senkbrunnen 8,78 m tief hinab. Da fich jedoch diefe Fundirung wegen der in den unteren Torffchichten lagernden Hölzer zu fchwierig zeigte, fo wählte man die Kaftengründung, und auch diefe muffte bald aufgegeben werden, weil die Kaften fchief einfanken. In Folge deffen wählte man eine Vereinigung von Kaften und Brunnen[220]).

Man hat nicht felten die Brunnen- und die Röhrengründung vollftändig parallel neben einander geftellt, hat beide Methoden im Princip als ganz gleich bezeichnet und den Unterfchied nur im Material des zu verfenkenden Cylinders gefucht. Indefs ift diefe Anfchauung nicht ganz gerechtfertigt; denn bei Brunnenpfeilern dient der gemauerte Mantel mit der Ausfüllung zum Tragen des darauf gefetzten Baukörpers; bei der Röhrengründung trägt jedoch nur die Ausfüllung; der Mantel ift blofs die Hülle des Fundament-Pfeilers. Man könnte diefe Hülle auch als eine befondere Methode der Auszimmerung der fchachtartigen Baugrube betrachten, fo dafs von diefem Gefichtspunkte aus die Röhrenpfeiler den maffiv gemauerten Fundament-Pfeilern gewöhnlicher Art näher ftänden, als den Brunnenpfeilern.

a) Hölzerne Senkkaften.

473. Anordnung und Querfchnitt.

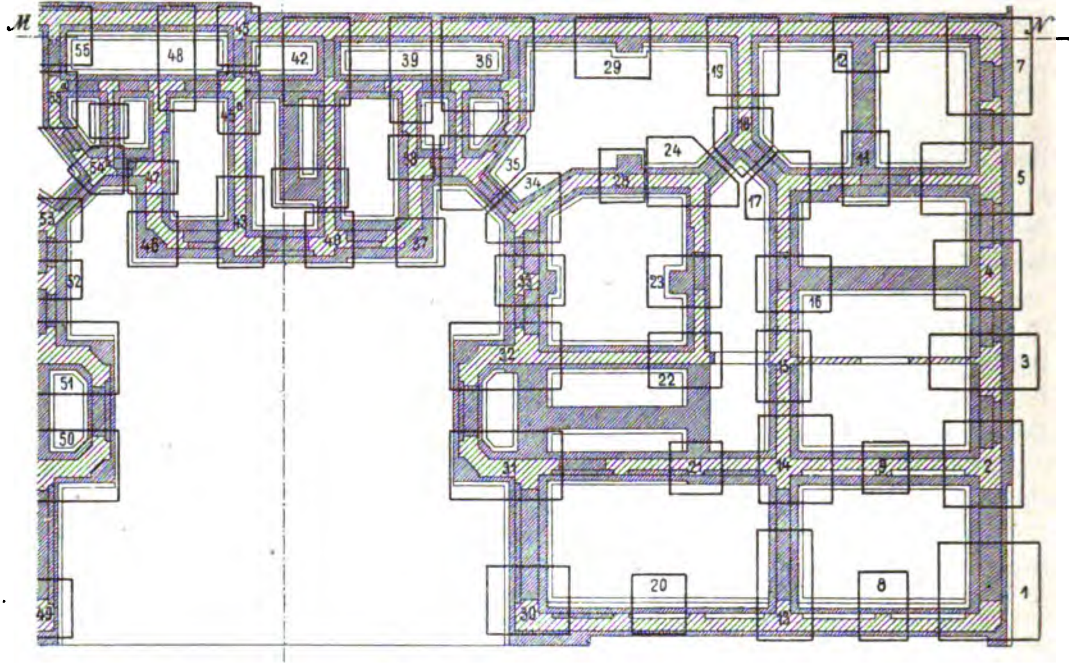
Betreff der Zahl und der Vertheilung der hölzernen Senkröhren oder Senkkaften im Grundplane des zu fundirenden Gebäudes gilt das bei den Senkbrunnen Gefagte (vergl. Art. 453, S. 319). Die Querfchnittsform der Kaften ift dem Material entfprechend zu wählen; in Folge deffen wird der Kreis, das Oval etc. auszufchliefsen fein, und es werden hauptfächlich rechteckig geftaltete Kaften in Anwendung kommen. Für Gebäude mit ganz regelmäfsigem Grundplan (Fig. 739) werden andere als rechteckige Querfchnittsformen für die Kaften nicht erforderlich. Bei weniger regelmäfsig geftaltetem Gebäudegrundrifs erhalten die Kaften auch andere Querfchnittsformen, wie folches aus Fig. 737, 738 u. 740 erfichtlich ift.

Die Querfchnittsabmeffungen der Kaftenpfeiler hängen ab von der Stärke der

---

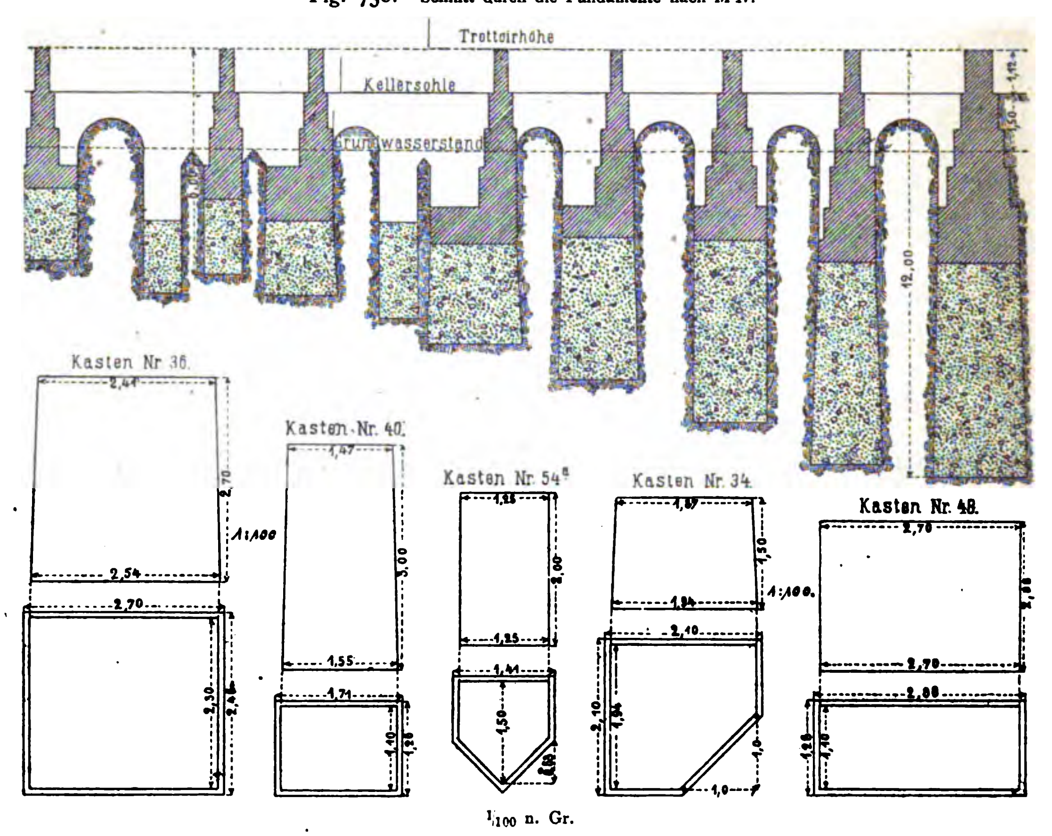
220) Näheres hierüber in: Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 504.

Fig. 737. Grundrifs des Erdgefchoffes und Fundament-Plan.



$^1/_{200}$ n. Gr.

Fig. 738. Schnitt durch die Fundamente nach *MN*.

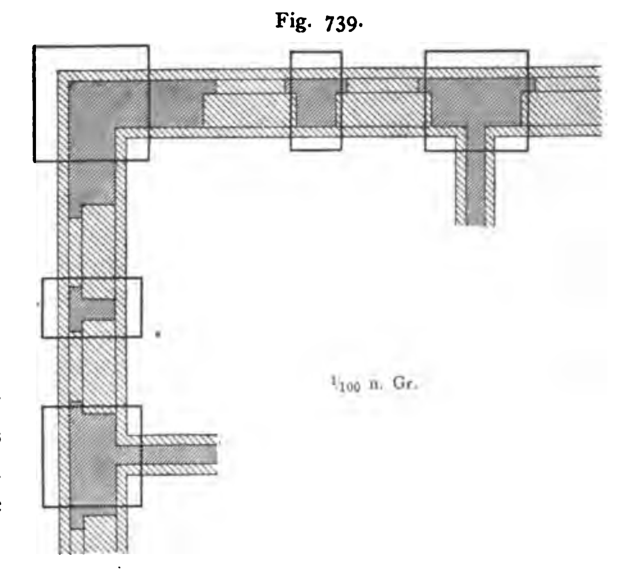


$^1/_{100}$ n. Gr.

Vom Lehrerhaus beim Seminar zu Berlin.

Mauern, die ſie zu tragen haben, und vom Druck, den die letzteren ausüben. In erſterer Beziehung wählt man die Kaſtenabmeſſung (Breite) winkelrecht zur Längenrichtung der zu fundirenden Mauern ſo, daſs beiderſeits ein Fundamentabſatz von 12 bis 25 cm Breite entſteht; die zweite Querſchnittsabmeſſung (Länge) wird an jenen Stellen, wo zwei Mauern gegen einander ſtoſsen oder einander durchkreuzen, nahezu eben ſo groſs gewählt; die zwiſchenliegenden Kaſten erhalten meiſt eine geringere Länge (Fig. 737 u. 739).

Fig. 739.



Die Längenabmeſſung der Kaſtenpfeiler läſst ſich, ſobald die Breite angenommen iſt, aus der Belaſtung, die ſie aufzunehmen haben, und aus der Tragfähigkeit des Baugrundes berechnen.

Beträgt die letztere K Tonnen für 1 qcm, die lothrechte Belaſtung des betreffenden Kaſtenpfeilers D Tonnen, ſo iſt der Querſchnitt f des letzteren bekanntlich

$$f = \frac{D}{10\,000\,K} \text{ Quadr.-Met.}$$

Iſt die Breite b auf Grundlage der früheren Angaben (Mauerdicke plus 24 bis 50 cm) angenommen worden, ſo ergiebt ſich die Länge

$$l = \frac{f}{b}.$$

Da man beim Ausarbeiten des Entwurfes den Druck D meiſt von vornherein nicht kennt, muſs man zunächſt für die Pfeilerlängen l eine Annahme machen. Läſst ſich ſpäter, wenn das Project weit genug gediehen iſt, die Belaſtung D ermitteln, ſo berechnet man, wie groſs bei den angenommenen Querſchnittsabmeſſungen der Pfeiler die Belaſtung des Baugrundes ſich ergiebt. Ueberſchreitet die letztere die zuläſſige Belaſtung K, ſo muſs man entweder die Pfeilerlänge l oder die Zahl der Pfeiler vermehren, unter Umſtänden die Dicke der zu fundirenden Mauern nach unten vergröſsern.

Beim Bau der National-Galerie in Berlin waren im urſprünglichen Entwurf Zahl und Grundfläche der zur Fundirung zu verwendenden Senkkaſten ſo groſs angenommen worden, daſs eine nähere Berechnung eine Belaſtung des Baugrundes zu 11 bis 15 kg für 1 qcm ergab, eine Preſſung, welche ſonſtigen Erfahrungen gemäſs ſehr bedeutend erſchien und eine namhafte Verringerung wünſchenswerth machte. Es wurde deſshalb eine neue Anordnung ſämmtlicher Senkkaſten entworfen derart, daſs ein ziemlich gleichmäſsiger Druck von etwa nur 5,8 kg für 1 qcm hervorgebracht wurde.

Fig. 740. Fundament-Plan. 1/250 n. Gr.

Fig. 741. Grundriſs. 1/1000 n. Gr.

Locomotivſchuppen der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eiſenbahn in Berlin [221]).

Um das Senken der Kaſten zu erleichtern, läſst man nicht ſelten den Querſchnitt

221) Nach: Zeitſchr. f. Bauw. 1865, Bl. T.

derſelben nach oben zu abnehmen; das Verjüngungsverhältniſs beträgt $^1/_{50}$ bis $^1/_{25}$ (vergl. Fig. 738).

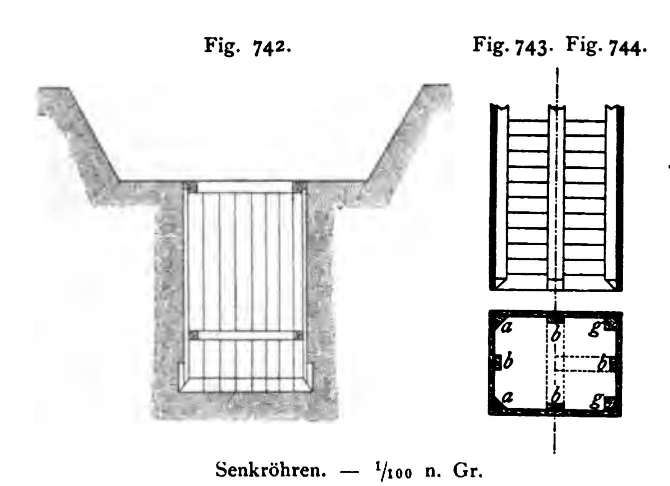
474. Conſtruction.

Die hölzernen Senkröhren oder Senkkaſten werden aus 4,5 bis 5,5 cm ſtarken Bohlen zuſammengeſetzt, die entweder lothrecht oder wagrecht angeordnet ſind; erſteres geſchieht hauptſächlich bei geringen Tiefen und nicht bedeutendem Erddrucke. Bei kleineren Pfeilern können ſtatt der Bohlen ſchwächere Bretter Anwendung finden.

Kaſten mit lothrecht geſtellten Bohlen müſſen durch wagrecht angeordnete Kränze, die aus etwa 15 × 15 cm ſtarken Hölzern angefertigt werden, zuſammengehalten und abgeſteift werden. Solcher Kränze ſind mindeſtens zwei, einer am oberen, einer am unteren Rande der Röhre, erforderlich. Bei gröſserer Tiefe und ſtärkerem Drucke wird noch ein Zwiſchenkranz angeordnet, der jedoch nicht etwa in halber Höhe angelegt, ſondern tiefer nach unten gerückt wird, da dort der Druck am gröſsten iſt. Der unterſte Kranz wird keilförmig zugeſchärft.

Die Senkkaſten des in Fig. 740 u. 741 angedeuteten Locomotivſchuppens haben die in Fig. 742 veranſchaulichte Conſtruction erhalten. Die Bohlen ſind 4 cm dick, oben in den Falz eines 13 × 16 cm ſtarken Kranzes eingelaſſen, unten zugeſchärft und auſsen herum mit einem gleichfalls geſchärften Kranz von 5 cm ſtarken Bohlen verſehen. Etwa 80 cm über dem unteren Rande iſt ein zweiter Kranz angeordnet.

Fig. 742. Fig. 743. Fig. 744.



Senkröhren. — $^1/_{100}$ n. Gr.

Sollen die Bohlen wagrecht liegen, wie in Fig. 743 u. 744, ſo müſſen die Ecken durch lothrecht geſtellte Kreuzhölzer *a*, *a*, *g*, *g* von etwa 10 × 10 bis 12 × 12 cm Dicke ausgeſteift werden; bei gröſseren Querſchnittsabmeſſungen der Kaſten werden noch Leiſten *b*, *b* angeordnet. Die Bohlen werden derart aufgenagelt, daſs ihr Hirnholz an den Ecken wechſelweiſe an der einen Seite frei liegt und an der anderen von einer entſprechenden Bohle bedeckt wird. Dem wechſelnden Drucke entſprechend können die Bohlen im vorliegenden Falle im oberen Theile ſchwächer gehalten werden, als im unteren. Die unterſte Bohlenlage wird häufig doppelt angeordnet, um den unteren Kaſtenrand, der beim Senken am meiſten beanſprucht wird, zu verſtärken.

Bei beiden Conſtructionen werden die Bohlen auf die Verſteifungshölzer aufgenagelt; eben ſo werden in beiden Fällen innerhalb der Kaſten während des Senkens noch vorläufige Verſtrebungen angebracht, welche theils aus wagrecht, theils aus ſchräg geſtellten Spreizen gebildet ſind. In Fig. 743 u. 744 ſind in den Grundriſſen der Senkkaſten derartige ſich kreuzende Verſtrebungshölzer angedeutet.

475. Ausführung.

Die Senkkaſten ſind ſofort in voller Höhe auszuführen und im Ganzen an die Bauſtelle zu bringen; die letztere wird hier eben ſo vorbereitet, wie bei Senkbrunnen (vergl. Art. 462, S. 325). Die Senkung kann gleichfalls, wie bei den Brunnen, vorgenommen werden; doch wird bei den Senkkaſten meiſtens ſchlieſslich der Sackbohrer (vergl. Art. 467, S. 327) angewendet. Eine künſtliche Belaſtung

des zu ſenkenden Kaſtens darf niemals fehlen, da er ſelbſt ein nur geringes Eigengewicht hat; ſie kann bloſs bei engeren Kaſten (Röhren) entbehrt werden, wenn man dieſe durch die Schläge einer Ramme zum Sinken bringt.

Iſt die Senkung bis auf die erforderliche Tiefe vollführt, ſo iſt das nunmehr einzuſchlagende Verfahren hier daſſelbe, wie bei den Senkbrunnen (vergl. Art. 471, S. 330). Auch hier wird zunächſt die nach unten dichtende Beton-Schicht hergeſtellt, nach Erhärtung derſelben das Waſſer ausgeſchöpft und die Ausmauerung vorgenommen; oder es wird der ganze Kaſten mit Beton ausgefüllt. Letzteres wird namentlich dann vorgezogen, wenn die Kaſten (Röhren) ſehr eng ſind oder wenn in Folge bedeutenden Erddruckes eine ſtarke Verſtrebung der Kaſtenwände vorgenommen werden muſſte und in Folge deſſen der Innenraum des Kaſtens nur wenig frei iſt.

Die ausgemauerten Kaſtenpfeiler werden bei ſtark nachgiebigem Baugrunde bisweilen unter einander verankert.

In einigen Fällen hat man die Kaſten bloſs mit Steinen ausgefüllt und ausgeſtampft, was ſich als vollkommen ausreichend erwieſen haben ſoll. Auch eine Ausfüllung mit ſcharfkörnigem, grobem Sande iſt nicht ausgeſchloſſen.

Ueber dem Grundwaſſerſpiegel oder, wenn dieſer tief gelegen iſt, in gröſserer Höhe wird die Mauerung der Fundament-Pfeiler in gewöhnlicher Weiſe fortgeſetzt bis zu jener Stelle, wo die Grundbogen, welche die Pfeiler mit einander verbinden ſollen, anzuſetzen ſind. Nach Aufſtellung der hierzu erforderlichen Lehrbogen wird die etwa 2 Stein ſtarke Wölbung und hierauf die Ausmauerung der Wölbzwickel vorgenommen. Stehen die Kaſten ſehr nahe an einander, ſo kann man die Verbindungs-Conſtruction auch durch Auskragen der betreffenden Steinſcharen bewirken; beide Anordnungen ſind in Fig. 737 u. 738 zu finden.

476. Anwendung.

Die Anwendung der Senkkaſten-Gründung iſt eine beſchränkte. Sie ſollte nur für geringe Fundirungs-Tiefen (4, höchſtens 5 m) angewendet werden, da man anderenfalls die Kaſten, bezw. Röhren nicht ſteif genug conſtruiren kann. Allein auch ſonſt hat ſich dieſe Gründungsmethode nur wenig Eingang verſchafft; ſie iſt hauptſächlich bloſs in den älteren preuſsiſchen Provinzen im Gebrauch und wird der Brunnengründung vorgezogen, wenn der Baugrund ein ſehr ungleichartiger iſt und ſobald in der lockeren Bodenſchicht Baumſtämme oder andere Hinderniſſe vorhanden ſind, welche die Senkung von Brunnen gefährden könnten.

b) Eiſerne Senkröhren.

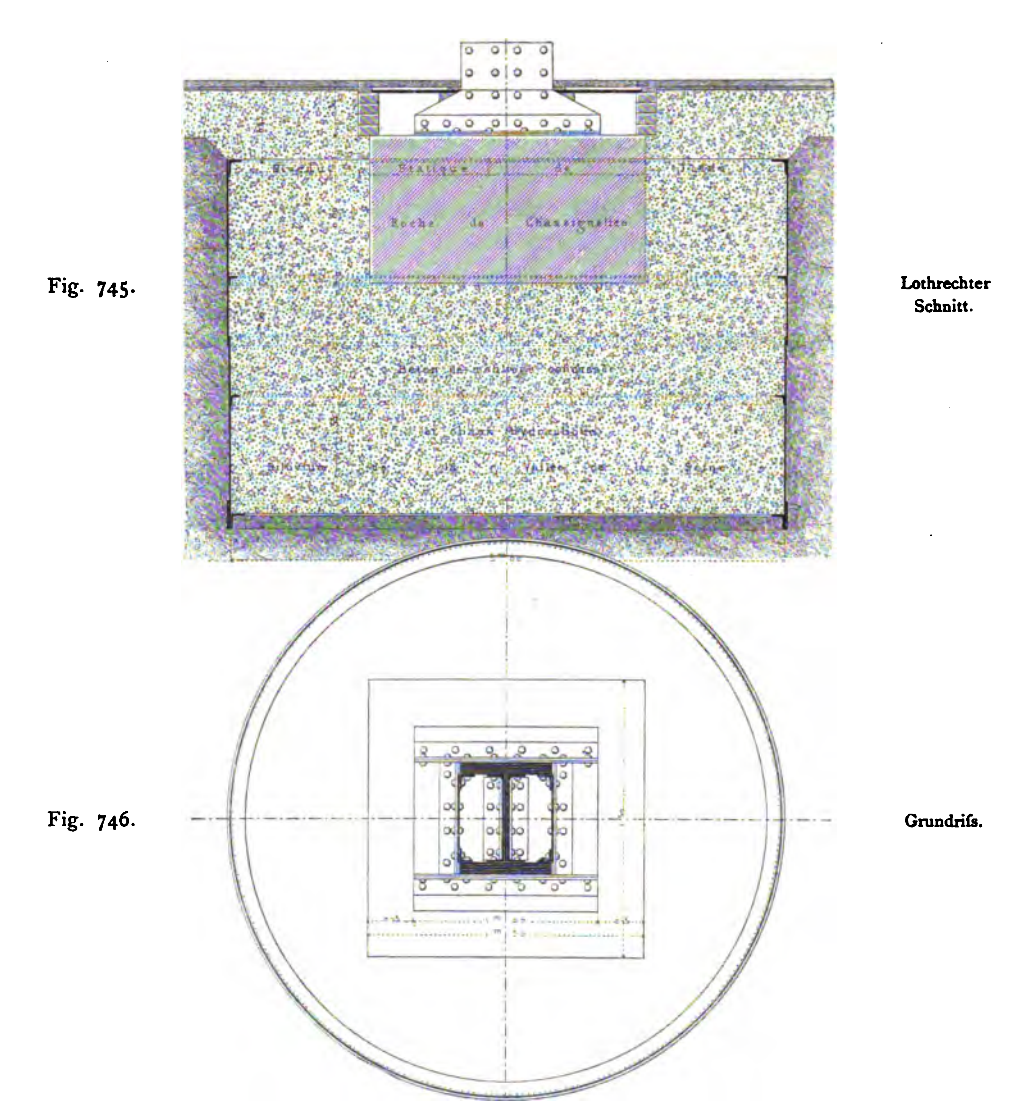
477. Senkröhren.

Eiſerne Senkröhren kommen meiſt nur für Brückenpfeiler, in England wohl auch für längere Mauern zur Anwendung und werden alsdann in der Regel mit Hilfe von gepreſſter Luft verſenkt. Im Hochbauweſen ſind ſie ſehr ſelten zu Fundamenten benutzt worden; als einzige Ausführung dieſer Art iſt die im Jahre 1880 bewirkte Gründung der neuen *magaſins du Printemps* zu Paris (Arch.: *Sédille*) bekannt geworden.

Das für derlei Senkröhren am häufigſten angewendete Material iſt Guſseiſen; es beſteht die Röhre alsdann aus einzelnen cylindriſchen Trommeln, welche in demſelben Maſse über einander geſetzt werden, als die Röhre in Folge der Löſung des Bodens in den letzteren einſinkt. Die Trommeln ſind an der Ober- und Unterkante mit ringförmigen Flanſchen verſehen und werden mit dieſen und mit Hilfe von Schrauben mit einander verbunden.

Senkröhren von gröfserem Durchmeffer werden aus Eifenblechen (nach Art der Keffelnietungen) zufammengefetzt; durch L- und T-Eifen wird den Wandungen die nöthige Steifigkeit verliehen.

Die *magafins du Printemps* wurden, theils in Rückficht auf Feuerficherheit, theils um möglichft wenig an Raum zu verlieren, im Inneren der Hauptfache nach in Eifen-Conftruction ausgeführt; Decken und Dächer werden von eifernen Freiftützen (Fig. 745 u. 746[222]) getragen. Diefe fowohl, als auch die gemauerten Pfeiler, welche im Erdgefchofs die Frontmauern tragen (Fig. 747[223]), haben grofsen Belaftungen (die



Von den *magafins du Printemps* in Paris. — Gründung der eifernen Freiftützen[222]).

Arch.: *Sédille & Baudet.*

$^1/_{40}$ n. Gr.

gröfste Belaftung beträgt 350 t, die kleinfte 230 t) zu widerftehen. Um diefe in geeigneter Weife auf den Baugrund zu übertragen, bezw. auf eine möglichft grofse Fläche zu vertheilen, wurden für fämmtliche 46 eifernen Freiftützen der Magazins-Räume, eben fo für die fteinernen Stützen der Frontmauern, für die

222) Facf.-Repr. nach: *Encyclopédie d'arch.* 1885, Pl. 997.

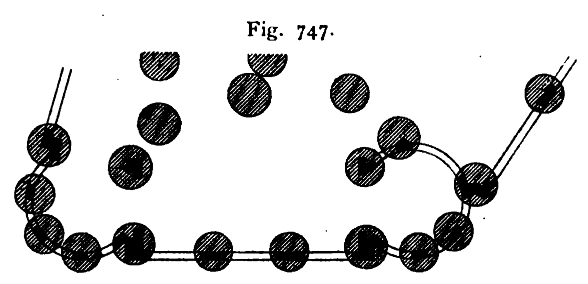
223) Nach: *Semaine des conft.*, Jahrg. 6, S. 233.

Freiftützen der grofsen Flurhalle und der Rotunden cylindrifche Röhrenpfeiler von 2,5 bis 3,0 m Durchmeffer verfenkt. Diefelben erhielten 2 m Höhe, die Wandungen 4 mm Blechdicke und zur Verfteifung ringförmig gebogene Winkeleifen von 60 × 60 × 8 mm Querfchnitt. Nach dem Verfenken wurde die Röhre mit hydraulifchem Beton ausgefüllt. Die Mehrzahl der Brunnenpfeiler erhielt einen Durchmeffer von 2,5 m; den ftärker belafteten dagegen (folchen mit 265 t und 350 t lothrechten Druck) wurde 3,0 m Durchmeffer gegeben.

478. Senkung.

Eiferne Senkröhren können eben fo, wie die gemauerten Senkbrunnen und die hölzernen Senkkaften verfenkt werden; indefs ift in den meiften Fällen, wie oben fchon angedeutet wurde, das pneumatifche Senkverfahren oder die Luftdruckgründung in Anwendung gekommen. Auch bei dem eben vorgeführten Beifpiele ift dies gefchehen.

Fig. 747.



Von den *magafins du Printemps* in Paris.
Theil des Fundament-Planes[223]). — 1/500 n. Gr.

Bei verfenkten Fundamenten, die auf pneumatifchem Wege hergeftellt werden, wird für die Löfung der lockeren Bodenfchicht an der Fundament-Sohle ein wafferfreier Arbeitsraum mittels gepreffter Luft gefchaffen; es wird das Waffer mittels Prefsluft verdrängt. Die Arbeiter können, ähnlich wie in eine Taucherglocke, eintreten und die Erdgrabung vornehmen.

Mit Rückficht auf die vereinzelte Anwendung diefes Gründungsverfahrens foll hier nicht weiter auf daffelbe eingegangen werden. Es ift hierüber das Nähere in den auf S. 231 u. 232 angeführten Büchern über Grundbau und in den unten[224]) namhaft gemachten Sonderfchriften zu finden.

Die Senkröhren der *magafins du Printemps* wurden vor dem Verfenken oben durch kegelförmig geftaltete Deckel abgefchloffen und die Luftfchleufen alsdann aufgefetzt. Durch ein 70 mm weites Kautfchukrohr wurde die Prefsluft eingeführt und dadurch die Röhre wafferfrei gemacht. Nunmehr konnte durch Arbeiter die Löfung der lockeren Bodenfchicht vollzogen werden; alsdann wurde die Röhre mit hydraulifchem Beton ausgefüllt und der Deckel abgenommen.

Die Senkung einer Röhre dauerte 10, die Ausbetonirung derfelben fammt den Vollendungsarbeiten 24 Stunden; ein in folcher Weife hergeftellter Fundament-Pfeiler von 2,5 m Durchmeffer und 2,5 m Höhe koftete 720 Mark (ca. 900 Francs).

Die Erfahrungen, welche beim Bau der grofsen Oper in Paris gemacht worden waren (fiehe auch Art. 407, S. 286), die Schwierigkeiten, welche fich dort in Folge des ftarken Grundwafferandranges ergeben hatten, waren hauptfächlich Veranlaffung, dafs *Baudet*, von dem der Entwurf der Eifen-Conftructionen des in Rede ftehenden Gebäudes herrührt, die Anwendung der Luftdruckgründung in das Auge faffte; die betreffenden Arbeiten wurden unter der Leitung *Zfchokke*'s ausgeführt[225]).

---

[224]) GÄRTNER, E. Entwickelung der pneumatifchen Fundirungsmethode etc. Wien 1879. (Sonder-Abdruck aus: Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 41.)

PERNOLET, A. *L'air comprimé et fes applications etc.* Paris 1879.

ANSPACH, L. *Notice fur les fondations par l'air comprimé etc.* Bruxelles 1880.

BRENNECKE, L. Ueber die Methode der pneumatifchen Fundirungen. Petersburg 1881.

[225]) Eingehendere Mittheilungen über diefe Gründung ift zu finden in:

Grands magafins du Printemps à Paris. Encyclopédie d'arch. 1885, S. 1.

DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. Semaine des conft.*, Jahrg. 6, S. 232.

FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé aux nouveaux magafins du Printemps. Gaz. des arch.* 1881, S. 207.

Literatur

über »Senkröhren-Gründungen«.

WEISE, H. Locomotiv-Haus der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eifenbahn zu Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1865, S. 438.

ERBKAM, G. Die Königliche National-Galerie. Zeitfchr. f. Bauw. 1869, S. 263.

CRAMPE, R. Praktifche Erfahrung bei Gründung auf Senkkaften. Baugwks.-Zeitg. 1870, S. 130.

SCHMIDT, O. Gründung auf Senkkaften. Baugwks.-Zeitg. 1870, S. 113.

FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé. Revue induft.* 1881, S. 362.

FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé aux nouveaux magafins du Printemps. Gaz. des arch.* 1881, S. 207.

DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. Semaine des conft.,* Jahrg. 6, S. 232.

Berichtigungen:

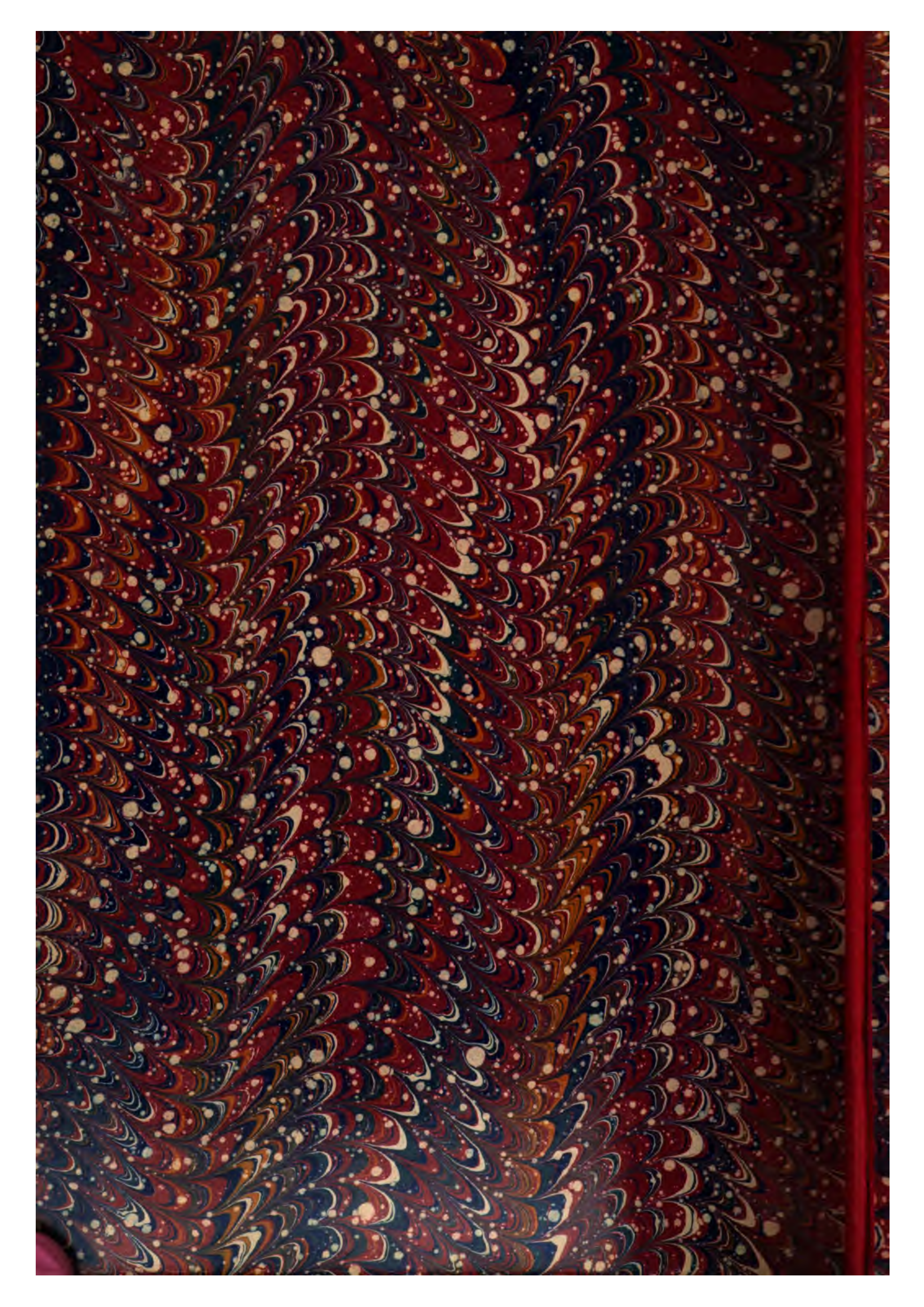
S. 3, zwifchen Zeile 23 u. 24 v. u. einzufchalten: WOLFRAM, J. L. F. Lehrbuch der gefammten Baukunft. Stuttgart 1833—42.

S. 13, Zeile 18 v. u.: Statt »fenkrecht« zu lefen: »parallel«.

S. 17, » 12 v. o.: Statt »Portland-Cement-Sand-Mörtel« zu lefen: »Portland-Cement-Beton«.

S. 75, » 2 v. o.: Statt »her-« zu lefen: »an-«.

S. 155, » 16 v. o.: Statt »115.« zu lefen: »125.«.




3 2044 039 365 580